



TITLE:

駐車場管理システム高度化による  
駐車行動の変化と道路網交通流へ  
の影響効果に関する研究(  
Dissertation\_全文)

AUTHOR(S):

倉内, 文孝

---

CITATION:

倉内, 文孝. 駐車場管理システム高度化による駐車行動の変化と道路網交通流への影響効果に関する研究. 京都大学, 2002, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2002-07-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r11007>

RIGHT:

# 駐車場管理システム高度化による駐車行動の 変化と道路網交通流への影響効果に関する研究

2002年1月

倉内 文孝

**駐車場管理システム高度化による駐車行動の  
変化と道路網交通流への影響効果に関する研究**

2002年1月

倉内 文孝

# 目 次

<b>第 1 章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 研究の背景と目的	1
1.2 本研究の構成	3
<b>第 2 章 駐車管理システムの高度化に関する動向</b>	<b>5</b>
2.1 概説	5
2.2 駐車問題	5
2.2.1 違法路上駐車車両	5
2.2.2 うろつき車両	5
2.2.3 入庫待ち車両	5
2.3 高度駐車管理システム	5
2.3.1 駐車場案内システム	6
2.3.2 駐車場予約システム	9
2.3.3 駐車場案内システムと駐車場予約システムの関係	12
2.4 高度駐車管理システムに関する評価・研究事例	12
2.4.1 駐車場案内システムの導入効果評価事例	12
2.4.2 情報提供下の駐車行動分析	13
2.4.3 駐車場予約システムに関する検討事例	15
2.5 本研究の位置づけ	15
2.6 本研究で取り扱う交通行動の範囲	16
2.7 結言	16
<b>第 3 章 パネルデータによる情報提供下の駐車行動分析</b>	<b>19</b>
3.1 概説	19
3.2 茨木市駐車場パネル調査	19
3.2.1 調査の概要	19
3.2.2 分析に用いるデータ	23
3.2.3 パネル調査における留意点	24
3.2.4 茨木市の駐車特性	25



3.3	集計的指標から見た駐車場案内情報の効果	35
3.3.1	駐車場情報の利用意向と評価	35
3.3.2	駐車場利用状況の変化	38
3.3.3	駐車場情報取得後の行動変化	40
3.3.4	個人の駐車行動の経時変化	41
3.4	駐車行動データを用いた情報提供効果のモデル分析	45
3.4.1	サンプルアトリクションの修正	45
3.4.2	利用予定駐車場の選択	51
3.4.3	情報取得後の駐車場再選択	59
3.5	結言	61
<b>第4章</b>	<b>室内実験による経験と情報の駐車行動への影響分析</b>	<b>65</b>
4.1	概説	65
4.2	室内駐車場選択実験システム	65
4.2.1	対象とする駐車行動	65
4.2.2	室内実験システムの概要	66
4.3	利用経験の駐車場選択に及ぼす影響	69
4.3.1	駐車場利用経験の及ぼす影響の仮定	69
4.3.2	推定結果の考察	70
4.4	提供情報の内容・精度の駐車場選択行動への影響	71
4.4.1	情報の内容・精度と被験者の駐車場選択行動の集計的考察	71
4.4.2	情報取得経験の利用予定駐車場選択への影響に関するモデル分析	76
4.4.3	異なる情報精度・内容下の駐車場選択行動のモデル分析	79
4.5	情報精度の認識過程と駐車場選択に及ぼす影響	83
4.5.1	情報の認識過程を考察する意義	83
4.5.2	情報信頼度を内生化した駐車場選択モデル	83
4.5.3	モデル推定結果の考察	86
4.6	結言	88
<b>第5章</b>	<b>駐車場予約システム導入下の駐車行動分析</b>	<b>91</b>
5.1	概説	91
5.2	駐車場予約システムの実現可能性	92

5.3	駐車場予約システムの利用意向	94
5.3.1	質問項目の設定	94
5.3.2	駐車場予約意向の集計的考察	95
5.3.3	トリップ条件間の交互作用の考察	96
5.3.4	予約駐車場利用意向に関する定量的分析	96
5.4	駐車場予約システム導入下の駐車場選択	97
5.4.1	質問の設計	97
5.4.2	予約・一般駐車場選択モデル	98
5.5	結言	99
<b>第6章</b>	<b>交通流シミュレーションを用いた高度駐車管理システムの導入効果分析</b>	<b>101</b>
6.1	概説	101
6.2	マイクロ交通流シミュレーションモデルの構築	104
6.2.1	交通流シミュレーションモデルの特徴	104
6.2.2	交通流シミュレーションモデルの全体像	104
6.2.3	車両の移動	105
6.2.4	インプットデータ	105
6.2.5	車両移動サブモデル	106
6.2.6	駐車場管理システムサブモデル	108
6.2.7	意思決定サブモデル	108
6.2.8	経験更新サブモデル	111
6.3	各ケーススタディに対する共通設定	111
6.3.1	対象ネットワーク	111
6.3.2	車両・ドライバーの設定	111
6.3.3	意思決定モデルのパラメータ	113
6.3.4	需要の日間変動	114
6.3.5	その他の設定	115
6.4	交通流シミュレーションの動作確認	115
6.5	駐車場案内システムの導入効果	119
6.5.1	設定条件	119
6.5.2	交通需要・情報利用率と情報提供効果	120
6.5.3	駐車場利用者からみた情報提供効果	124
6.5.4	駐車場利用量からみた情報提供効果	129
6.5.5	道路交通量からみた情報提供効果	131

6.6	駐車場予約システムの導入効果	133
6.6.1	設定条件	133
6.6.2	予約駐車場の位置と導入効果	133
6.6.3	予約可能性確認割合と導入効果	137
6.6.4	駐車場利用者からみた導入効果	144
6.6.5	駐車場利用量からみた導入効果	149
6.6.6	道路交通量からみた効果	154
6.7	PGI システムと PR システムの相互効果	156
6.7.1	設定条件	156
6.7.2	平均走行時間の推移	156
6.7.3	目的地までの所要時間	158
6.7.4	駐車場利用量からみた相互効果	160
6.7.5	道路交通量からみた相互効果	161
6.8	結言	164
<b>第 7 章</b>	<b>結論</b>	<b>167</b>
7.1	本研究の成果	167
7.2	今後の課題と展望	171

## 第1章 序論

### 1.1 研究の背景と目的

高度成長期における爆発的な自動車保有台数の増加により顕著となった交通渋滞や駐車問題などの都市交通問題は、従前より様々な対策が試みられているものの、依然抜本的な解消までには至っていない状況といえる。都心部における交通渋滞は、移動者の時間的な損失を生じさせるのみならず、その都市の魅力度を下げ、結果的に来訪者の減少を招く可能性もある。都市交通問題は、今後も精力的に取り組むべき課題であるといえる。都市交通問題の主たる要因として、駐車に関する問題があげられる。自家用車利用のトリップは、目的地付近で駐車・停車を余儀なくされる。自動車の来訪台数に対して駐車場の容量が少なければ、駐車場前での入庫待ち行列の発生や違法路上駐車車両の増加、あるいは駐車スペースに空きのある駐車場を探して都市内を走行するうろつき車両に起因する都市内走行車両の増加など、都市内の交通状況をさらに悪化させる要因となりうる。また、これらの駐車問題は、都市内の交通効率性の視点からのみ議論すべきものではない。歩道スペースへ乗り上げた違法路上駐車により歩行者が車道を歩かざるをえない状況、入庫待ち車両によって視界が遮られ歩行者の発見が遅れる状況などは、交通安全の観点から大きな問題である。さらに、うろつき車両については、駐車場を探しつつ走行しているため走行速度が低い可能性と、注意が散漫になるため事象の発見が遅れる、などの危険性をはらんでいる。

上記のように、駐車問題が深刻化している都市は多くみられるが、それらの都市の中でも、駐車需要が集中するエリアから少し遠い場所に位置する駐車場は、比較的余裕があるような地域もある。そのような地域では、駐車場の空間的な利用の不均衡が局所的な駐車車両の集中をまねき、駐車問題が顕在化しているといえる。また、駐車場の利用がある特定の時間帯に集中しているため、その時間帯において激しい混雑が生じているような都市も多い。現在あまり活用されていない駐車場、あるいは時間帯に駐車車両を誘導する、いかにすれば、駐車需要を時間的、空間的に平滑化するような施策が求められているといえる。

近年の情報通信技術の発展により、情報通信を用いた交通管理の高度化が注目されている。情報通信技術を駆使して交通システムの高度化を目指すシステムは、ITS（Intelligent Transport System）と呼ばれ、1990年代より全世界的に注目を浴びている。その中でも、情報提供に関しては、我が国においては、1980年代より路側可変情報板を用いた提供が開始されており、さらには1996年よりカーナビゲーションシステムを通じた車内情報提供システム、VICS（Vehicle Information and Communication System）も世界に先駆けて供用開始された。平成13年第4四半期にはVICS搭載車両が300万台を突破し、走行している全車両のおよそ4%程度にまで普及している。

先に述べた都市駐車問題についても、ITS 技術の援用が期待される場所である。すなわち、空間的に駐車需要の不均衡が生じている際に、駐車場の混雑状況をドライバーに知らせ、空いている駐車場へ誘導することで、入庫待ち車両の減少、うろつき車両の排除などが期待される。このように、情報提供を通じて駐車情報を提供するシステムは、駐車場案内システム（Parking Guidance and Information System, PGI システム）と呼ばれ、我が国においても多くの都市で導入されており、VICS を通じた駐車場情報提供エリアも増加している。情報提供は道路上あるいは車内で提供されることから、情報提供によって期待されるのは駐車需要の空間的な再配分である。

情報提供によって駐車需要の空間的な再配分が期待されるものの、時間的な需要再配分は現在の情報提供システムを通じては難しい。ただし、出発前情報提供という方策も考えられる。出発前には、ドライバーは経路変更、駐車場変更といった代替案だけでなく、時間調整、利用交通機関変更といった代替案を持つ。そのため、出発前に情報を提供することによって、時間的な需要平滑化も期待される場所である。しかしながら、出発前情報においては提供情報の精度の問題が発生する。駐車情報を例にとりて考えてみる。現在の情報提供は、基本的にはある時点における駐車状況を元に情報を作成する。これより、都心部付近より離れれば離れるほど、提供情報作成時点と実際の到着時点に時間差が生じるため、情報取得時の駐車場利用状況と利用時の状況とは乖離が生じる。そのため、利用者にとって情報に価値があるかどうか、について慎重に検討することが必要であろう。

本研究においては、出発前にあらかじめ駐車場を予約し駐車スペースを確保することで、到着時に待たずに入庫できるようなシステムを考えている。このようなシステムは駐車場予約システム（Parking Reservation System, PR システム）と呼ぶことができよう。もし希望時間帯に予約することができなければ、出発時刻を変更する等の対応行動をとることができるため、駐車需要の時間的な平滑化が期待される。

情報提供施策に代表されるソフトウェア施策の特徴点は、施策自身が強制力を持たないことである。すなわち、施策が社会的意義を持つか否かはドライバーの意思決定に大きく依存する。これより、ドライバーの意思決定をどれだけ正確に把握することができるか、が重要な課題となろう。ドライバーの意思決定行動を分析し、それに基づき生じうる状況を予測しつつ最適な交通状況へ誘導することが可能な施策評価システムが必要となると考えられる。

以上のような背景の元に、本研究の目的は次のように設定する。都市内交通問題の一要因として考えられる駐車問題に対する ITS 技術を活用した緩和策として、駐車場案内 (PGI) システムと、駐車場予約 (PR) システムを考える。これら 2 つの情報通信技術を活用した施策による駐車管理の高度化によって、都市内交通状況がどれほど改善されるか、について検討を加えることを本研究の目的とする。特に、情報利用者、駐車場予約システム利用者のみからの観点でなく、より広範囲に評価項目を設定し、都市内交通状況や駐車場利用

状況など多側面からの評価を試み、駐車管理システム導入の基本計画指針を明らかにする。このような目的を達成するために、PGI システム、PR システム導入下のドライバーの意思決定行動について分析するとともに、それら行動分析結果に基づく交通状況を再現可能な動的交通流シミュレーションモデルの構築を実施し、シミュレーション計算結果より考察を加える。

## 1.2 本研究の構成

本研究の構成は、図1.2.1に示すとおり 7 章からなる。まず、第 1 章においては、本研究の背景と目的を述べた。続いて、第 2 章においては、PGI システム、PR システムに期待される効果、懸念される問題点を整理するとともに、駐車管理に関する既存の文献をレビューし、本研究の位置づけを明らかにする。

第 3 章においては、駐車場情報提供時のドライバーの対応行動について実証的に分析を行う。調査は大阪都市圏の衛星都市である、大阪府茨木市において実施した。アンケート調査はパネル調査形式で、合計 5 時間断面にわたって実施している。集計的指標を用い、駐車場情報の利用意向と評価、時系列的にみた駐車場利用状況の変化を把握した後に、情報提供による行動変化について分析を試みる。さらに、非集計モデルを用いた駐車場選択モデル構築を試み、推定結果より駐車情報提供下の駐車場選択行動を分析する。なお、パネルデータを用いているため、調査方法に起因するバイアスが存在する。そのため、駐車場選択モデルの構築の際には、その修正方法も併せて検討している。また、情報提供分析を実施する際にアンケート調査を利用することの限界についても述べる。

第 4 章においては、アンケート調査による情報提供効果分析の限界を踏まえ、アンケート調査では観測の難しい要因の影響を考察するために構築した室内駐車場選択実験システムを用いて行動データを収集し、情報提供下の駐車場選択行動について分析を行う。構築した室内実験システムの概要についてとりまとめた後に、駐車場利用経験および情報取得経験の駐車場選択行動に及ぼす影響についてモデル分析を行う。さらには、提供情報の精度によりドライバーの選択行動が変化することを鑑み、情報に対する信頼度を内生化した駐車場選択モデルを構築する。

第 5 章においては、駐車場の予約について取り上げ、PR システムの実現可能性とシステム導入下の行動についてアンケート調査ベースの選好意識調査を用いて分析を行う。第 3 章で用いる茨木パネル調査のいくつかの wave において、PR システムに関する仮想的な質問を設けた。得られたデータより PR システムの導入可能性について検討を加える。特に、予約駐車場をドライバーが選択肢として考える条件を明らかにし、その導入可能性について議論する。

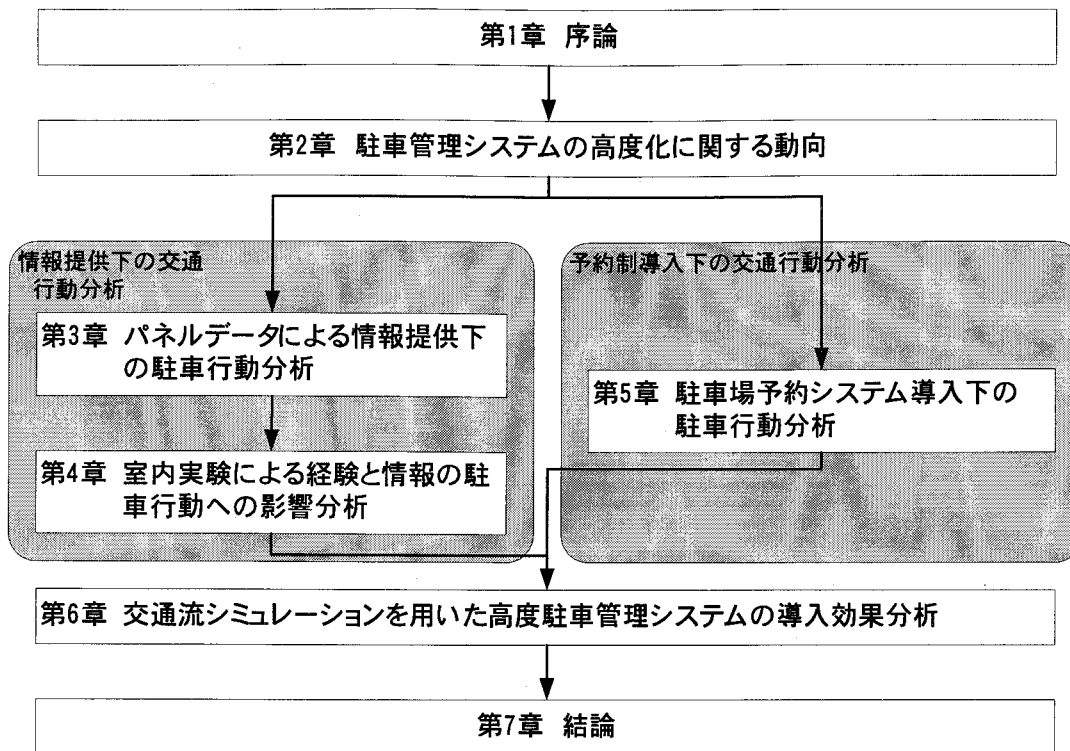


図 1.2.1 本論文の構成

第 3 章から第 5 章までの議論は、主として高度駐車管理システム導入下の交通行動に焦点をあてた分析である。それに対して、第 6 章においては、交通行動モデルをサブモデルとして内包した交通流シミュレーションモデルを構築する。構築した交通流シミュレーションモデルを用い、PGI システム、PR システムについて、様々な条件を変化させたケーススタディを通じてシステムの潜在的効果と課題について検討を加える。システム導入効果を、駐車場利用者のみならず、それ以外の車両や駐車場利用状況など多側面から評価し、高度駐車管理システムの基本設計指針について明らかにする。

最後に、第 7 章においては本研究で得られた知見をとりまとめるとともに、残された課題を整理し、本研究の結論とする。

## 第2章 駐車管理システムの高度化に関する動向

### 2.1 概説

本章においては、駐車問題について整理するとともに、本研究で対象とする高度駐車管理システムのフレームワークについて説明する。併せて、既存の研究をレビューすることによって本研究の位置づけを明らかにする。

### 2.2 駐車問題

#### 2.2.1 違法路上駐車車両

駐車に起因する問題として最も問題視されているのが、違法路上駐車車両であるといえる。特に交差点付近の路上駐車は道路の容量を著しく減少させ、交通渋滞の大きな原因といえる。さらに、路上駐車車両により視界が遮られ、路上駐車車両の陰からの飛び出しによる事故や、また歩道に乗り上げられた路上駐車車両により歩行者がやむを得ず車道を歩かなければならない等、交通安全面からの問題も多い。

#### 2.2.2 うろつき車両

駐車場所を探して都市内を走りまわる車両のことを差す。これらの車両の道路交通に占める割合を観測することは非常に困難であるが、特に駐車環境が十分でない地域においてはこのような車両が少なからず存在していると考えられる。うろつき車両の特徴は、行き先が確定している車両と比較して走行速度が遅いことと、駐車場所を探すために注意が散漫になっていることであり、円滑な都市内交通流動を妨げる一因といえる。

#### 2.2.3 入庫待ち車両

待ち行列用のスペースが十分に確保されていない駐車場においては、駐車場の空きスペースを待つために車両が公道にまで並ぶ。そのような車両に対して駐車違反が適用されることは少ない。しかしながら、歩道への乗り上げはないもののそれ以外は違法路上駐車車両と同様の問題を抱えている。特に長蛇の列が生じる駐車場は大型店舗に附置されている駐車場の場合が多く、その店舗側の問題として認識されている。

### 2.3 高度駐車管理システム

本研究で対象としている高度駐車管理システムは、ふたつのシステムで構成される。ひとつは、ドライバーに適切な情報を提供することによって、主として空間的な駐車需要分散効果を期待する駐車場案内（Parking Guidance and Information, PGI）システムであり、もうひとつが主として時間的に駐車需要の分散を図る、駐車場予約（Parking Reservation）シ



システムである。これらふたつのシステムを適切に運用することによって、より円滑な駐車環境の構築を試みることとなる。以下では、PGI システム、PR システムそれぞれについて、効果が期待されるような局面、期待される効果、さらに導入時の留意点を整理する。

### 2.3.1 駐車場案内システム

近年の情報通信技術の発展により、情報提供によって交通の空間的・時間的な分散を図る方策が数多く提案され、実用化されている。その中でも、最新の駐車場の混み具合をドライバーに知らせ、都心部における混雑した駐車場からより空いている駐車場へ誘導を行うシステムは、駐車場案内（PGI）システムと呼ばれる。全国でおよそ 60 都市において導入され、今後も導入が予定されている都市も多い。情報提供のメディアとしては、路側における可変情報板が一般的であるが、一般ラジオを利用して提供するもの、VICS による車内情報のひとつとして提供するもの、インターネットを通じて提供するものなど、近年メディアの多様化が進んでいる。

#### a) PGI システムに期待される効果

##### ① 情報を利用する駐車場利用者への効果

PGI システムによって情報を受け取った駐車場を利用する車両を運転するドライバーが、直接的な効果を享受する。一般的に、情報提供効果は 2 種類存在し、それらは即時的対応効果（simultaneous effect）と、時間遅れ効果（lagged effect）と呼ばれる。即時的対応効果とは、情報を受け取った時点での行動変化による効果を表しており、情報を参考にして、より混雑の少ない駐車場を利用した結果、徒歩時間や入庫待ち時間を含めた全体の所要時間が減少することを表す。さらに、あらかじめ余裕のある駐車場に向かうことによって、駐車場探しのためのうろつき時間の減少などが考えられる。一方、時間遅れ効果としては、次の 3 種類が存在する。まず、案内情報板に掲示されている駐車場をみることにより、いままで知らなかった駐車場を認識することで個人の選択肢が増加する、選択性向上効果である。さらに、今までその存在は知っていたものの、利用したことがなかった駐車場について、繰り返し情報を受け取ることによって擬似的に利用経験が蓄積される、知識蓄積効果である。最後に、今まで何回か利用している駐車場であるが、その際の待ち時間等が非常に長く、利用価値がないとドライバーが感じていた駐車場について継続的に情報を受け取ることによって、ドライバーが自身の知識を修正し、もう一度利用する、知識修正効果である。これら 3 つの効果は、全てドライバーの学習に関するものであり、情報提供開始からある程度時間を経て明らかになっていくものといえる。

##### ② 情報を利用しない駐車場利用者への効果

目的地への徒歩距離との関連性や、駐車料金の割引などの理由で情報を受け取ったとしても利用する駐車場を変更しない利用者は少なからず存在することが考えられる。そのような駐車場利用者は、自身が情報を受け取ることによって行動を変更することはないが、

情報を利用するドライバーが行動を変更した結果、情報非利用者が利用する駐車場の混雑が緩和されれば、結果として空きスペースを待つ時間が減少し、利益を享受することが可能と考えられる。

### ③ 道路管理者からみた効果

道路の有効利用を妨げている一因であるうろつき車両の減少により、実質的な交通容量の増加が見込まれる。また、路上駐車車両が減少すれば、道路の効率性・安全性が飛躍的に向上することが期待される。さらに、駐車場入口付近に交差点があり、その交差点まで駐車場の空きスペース待ち車両が存在するような場合には、入庫待ち車両が減少することにより、飛躍的に交通渋滞の緩和されると期待できる。

### ④ 都市活性化の視点からみた効果

PGIシステムの導入によって、地域の実質的な駐車容量が増加し、利便性が向上することによって、都市の魅力度が上昇することが期待される。来街者数の増加等によって、地域内の商店街等における売り上げ上昇効果も見込まれる。

### ⑤ 駐車場経営者からみた効果

駐車場経営者の視点のみからみれば、自身が経営する駐車場に長い待ち行列ができたとしても、空きスペースが駐車場内に存在するよりは望ましい。しかし、PGIシステム導入によって都心部への来街車両数が増加し、なおかつ適切に駐車場が利用されれば、結果的に料金収入の増加が期待されることになる。

## b) PGIシステム導入の際の留意点

PGIシステムを導入する際の留意点について整理する。システム導入時の設計方針によって導入効果は大きく異なることが考えられるため、慎重な議論が必要である。

### ① 情報提供メディアの選定

現在駐車場情報を提供するためのメディアとして一般的であるのが、路側の案内情報板を用いたものである。この場合、情報は経路途中で受け取ることになり、ドライバーは情報をもとに、駐車場の変更、そしてそれに伴う経路の変更を行うことになる。今後、VICSが普及していけば、多くの都市で駐車情報を車内での取得することが可能となるが、この場合においても経路途中での情報取得となる。その他、ラジオやインターネットを利用した情報提供も考えられる。このようなメディアを用いる場合には、出発地においても情報を取得することが可能となるため、出発前情報として機能することも期待される。しかし、これらのメディアの場合は、出発地と対象都市地域が比較的隣接していなければ効果がな

### ② 提供情報のデザイン

案内情報板を用いて情報を提供する場合、ドライバーが情報板の下を通過する際に適切に情報を認識する必要があるため、情報板のデザインには細心の注意を払う必要がある。デフォルメされた地図上に情報を提供する形の図形情報板や、駐車場名を表記する文字情

報板，さらには，比較的都心部から離れたところでは個別の駐車場の情報を提供するのではなく，地区単位での駐車状況をもとに情報を提供するなど，様々な方法が考えられる。

### ③ 現時点／予測情報

情報収集時点での状況をそのまま提供する現時点情報に加えて，情報提供位置から実際駐車場に到着するまでのタイムラグや，提供された情報によるドライバーの行動変化を考慮して作成する，予測情報が考えられる．予測情報の作成に際しては，確たる方法が確立されていないこともあり，現在提供されている多くの情報は現在情報に基づくものである．今後周辺データの蓄積や適切な予測手法の確立が成されれば，より効果的な情報提供が実施可能である可能性もある。

### ④ 情報の種類

提供される情報の内容は，提供者が決定可能なオプションのうちで最も大きな影響を及ぼすものと考えられる．駐車情報の場合には，現在我が国において一般的に行われている満空情報や，欧州に導入例の多い空き台数情報，さらにより詳細な情報として位置づけられる，待ち台数情報や待ち時間情報などが考えられる。

### ⑤ 情報の閾値，丸め方

特に満空情報のような 2 値情報の場合，情報を「満」から「空」へ変更するときの混み具合の閾値，逆に「空」から「満」への閾値を変更することが可能である．また，提供情報が分，km，台など，自然数で表現できる内容である場合，たとえば 5 分単位，2km 単位で提供するなど提供情報の丸め方を選択することができる．より戦略的に情報の閾値を変化させることも可能であろう．例えば，都心部を通過するような駐車車両の減少を目指して，都心部流入地点から近い駐車場と，都心部を通過しなければ到着できない駐車場の閾値を戦略的に変更させることによって，より高度な駐車交通管理が可能であるといえる。

### ⑥ 情報提供の位置

可変情報板等を用いて情報を提供する際には，その設置位置によりドライバーの行動変化が大きく異なる可能性がある．この選択は計画時に行う必要があり，供用開始後に提供位置を変更することは不可能に近いとため，慎重に行う必要があるといえる．VICS による駐車情報提供については，情報を送信するビーコンの位置が情報提供位置となり，経路情報などの他の情報との関連性も考慮しながらその設置位置を検討する必要がある。

### ⑦ 情報の更新頻度

現在提供されている情報は，システムの情報収集・処理にかかる時間等により，5 分程度ごとに更新されている．更新頻度を短くすることによってより正確な情報となる可能性もあるが，逆に情報変動することも考えられる．複数の情報板を見る機会があるドライバーにとっては見るたびに情報が異なり，混乱が生じる可能性がある。

### 2.3.2 駐車場予約システム

情報提供を行うことによって期待される主たる効果は、駐車場利用者が、混雑の激しい駐車場から、都心部からは少し離れていてもそれほど混雑していない駐車場への選択変更を促すことによって成立するといえる。しかしながら、都心部周辺の駐車場でさえ混雑しているような都市の場合そのような効果は期待できない。例えば、情報提供されている駐車場が全て満車であるような場合、満空情報は意味をなさない。情報を継続的に受け取ることによって、都市全体の駐車場の混雑度合いについて、時間的な変動さえも学習するという時間遅れ効果が存在すれば、時間的に混雑が平滑化されることが期待されるが、そのような効果が現れるかどうかは定かではない。よって、より積極的に時間的に駐車需要の平滑化に寄与する方策を考える必要性があるといえる。このように、時間的な平滑化を主たる目的としているのが駐車場予約(PR)システムである。ここで考える PR システムとは、付加的な料金を支払う代わりに駐車スペースをあらかじめ確保しておき、駐車場に到着した際には待たずに入庫することが可能なものである。ドライバーは、出発地などにおいて電話やインターネットを通じて予約駐車場の予約状況を確認し、もし希望の駐車場が予約可能であるなら駐車スペースを確保する。もし希望の駐車場のスペースが全て予約されているような場合は、他の駐車場を予約する、予約制でない駐車場を利用する、出発時刻を変更して希望の予約駐車場を利用する、等の対応行動を行うことになる。特に、都心部の駐車場が全て予約制であり、なおかつ路上駐車が認められていないと仮定すると、ドライバーは出発時刻の変更を余儀なくされるため、結果的に駐車需要の時間的な平滑化が期待されることとなる。

#### a) PR システムに期待される効果

##### ① 予約駐車場利用者からみた効果

予約駐車場を利用するドライバーは、割増の料金を支払わなければならない代わりに、待たずに駐車場に入庫できるという特典を享受する。また、PR システムが供用されていない場合、都心部の混雑が激しい場合には目的地への到着時間が入庫待ち時間に大きく左右される可能性があるため、目的地までの所要時間が不確定となる。それに対して、予約駐車場を利用することによって入庫待ち時間がないことが保証されるため、不確定性の大幅な減少が見込まれる。

##### ② 予約駐車場を利用しない駐車場利用者からみた効果

予約駐車場を利用するドライバーが増加し、なおかつそれらのドライバーが希望時間帯に予約駐車場を利用できない場合に、予約制でない駐車場を利用する代わりに出発時刻を調整するならば、予約制でない駐車場の駐車需要が実質的に減少することになり、入庫待ち時間の減少が期待される。ただし、予約できなかった駐車場利用者が出発時刻を変更せず、予約制でない駐車場を利用する場合にはその限りではない。

### ③ 道路管理者からみた効果

駐車需要が時間的に平滑化されることによって、駐車場を利用する車両の道路交通への影響が、特に混雑している時間帯において緩和されることが期待できる。また、予約駐車場を利用する車両は必ず予約した駐車場に入庫することが可能であり、うろつき車両にはならないため、その他の車両が利用できる道路容量が実質的に増加する。さらには、予約駐車場の戦略的配置によって、都市内の交通流動パターンの制御も可能である。

### ④ 駐車場経営者からみた効果

事前に利用する車両がどの程度存在するかが把握できるため、人員の配置等の計画を前もって行うことが可能となる。また、予約駐車場とすることによって駐車場利用の潜在需要が把握できるため、駐車容量の拡充など長期的な戦略を策定する際にも有用なデータとなりうる。

#### b) PR システム導入の際の留意点

##### ① 予約メディア、方法

PR システムを運用する際に、利用者はあらかじめ何らかの手段を通じてシステムにアクセスする必要がある。最も一般的と考えられるのが電話やファックス、インターネットによる予約であると考えられる。しかし電話を利用する場合には、駐車場利用者が希望する駐車場を利用することができず、他の駐車場を紹介する場合、代替駐車場の位置などを口頭で説明する必要がある。また、ファックスを利用した場合には双方向で情報の受け渡しに難しいため、予約に対する手間が大きいことが考えられる。近年普及しているインターネットを利用する場合、駐車場の位置やそれぞれの予約駐車場の予約状況等をグラフィカルに表示することが可能であるため、利用者にとっては最もわかりやすい方法となる。しかし、手軽にインターネットにアクセスできるような状況下の駐車場利用者は限られているため、潜在的な予約駐車場利用者が限定される危険性があるといえる。将来的には、VICS などを通じて車内から予約することも考えられる。ひとつの予約メディアに限定する必要性はないが、予約方法によってアクセス可能な駐車場利用者が限られる可能性が高いため、その選定には十分な検討が必要であるといえる。

##### ② 予約駐車場の割増料金もしくは予約料金の設定

PR システム導入による駐車場回転率の低下の可能性を補完するためには、予約駐車場の料金を若干割増して設定するか、もしくは予約料金を徴収する必要があるといえる。駐車料金によって予約駐車場に対する利用意向は大きく異なる可能性があるため、予約駐車場の利用意向と料金のトレードオフを明らかにしながら、慎重に設定する必要がある。

##### ③ 余裕駐車スペースの設定

出発地から予約駐車場までの所要時間は、経路上の交通状況に応じて変化するため、必ずしも予約時刻通りに駐車場に到着するとは限らない。また、すでに駐車している車両が予定時刻に出庫するかどうかについても不確実な要素が存在する。その一方で、もし予約

時刻ちょうどに到着した車両に対して空きスペースを提供できない場合、予約駐車場のメリットを失うことになり、PR システムが機能しなくなるおそれがある。そのため、予約駐車場については、ある程度の余裕スペースを準備しておかなければならない。一方、実質的な駐車容量が減少することとなるため、できる限り余裕スペースは少ない方が望ましい。予約駐車場利用者が可能な限り時間通りに駐車場を利用するように促す必要があるといえる。

#### ④ 予定外の行動に関するペナルティ料金

予約駐車場利用者が予約時間通りに駐車場を利用することを促すために、予約時間外の駐車については、予約駐車場利用に関する割増料金に加えてペナルティ料金を付加することが考えられる。例えば、出庫時刻を超えて駐車する場合、一定時間ごとに単位時間あたりの駐車料金を増加させるような料金設定も考えられる。しかしながら、料金設定によって利用需要が大きく変動する可能性が高いため、この点についても慎重な議論が必要である。このような予定外の行動の最悪な例として、予約を行っておきながら駐車場に現れない車両が発生することが考えられる。このような場合、駐車容量の実質的減少となる。また、予約した利用者を特定することができなければ、その分の料金も徴収できない。例えば、会員制にするなどの方法により、予約者を確実に把握しておく必要がある。

#### ⑤ 予約駐車場と一般駐車場の共存可能性

予約駐車場は料金が割増になる代わりに自分用の駐車スペースが確保されるが、このような駐車場が有効に機能するのは駐車場が非常に混雑している状況である。それ以外の時間帯において、予約駐車場を利用することに対するメリットは少ないため、予約駐車場の利用はピーク時間帯に限られる可能性が高い。結果的に、予約駐車場の経営者にとっては実質的な収入減少が生じる可能性もある。上記のことを考える場合、時間帯に応じて駐車場を予約制とし、その他の時間帯では一般駐車場と同様とする、または、ピーク時間帯においても余裕スペース以上の空きがある場合には事前に予約していない車両も入庫可能にする、などの運用方針も考えられる。

#### ⑥ 予約駐車場の配置

予約制を導入する駐車場の配置をシステム側で検討することが可能である場合、PR システムは駐車需要の空間的な平滑化にも寄与しうる。例えば、ある都心の集客施設への交通需要が集中している場合、その周辺、すなわち人気の高い駐車場を予約制にし、周辺部の駐車場を予約制でない駐車場とすることによって、交通が集中するエリアへの車両流入を抑制することが可能と考えられる。

上記のように駐車場予約をひとつのシステムとして考えて導入する際には、決定しなければならない事項が多く存在し、また駐車場利用者が有効性を感じないような料金設定等を行った場合、予約駐車場以外の駐車場において混雑が助長され、路上駐車等増加により都市内の交通状況が悪化することも考えられる。そのため、PR システムを導入する際には、

駐車場利用者、駐車場経営者等の意見も採り入れながら、慎重に検討を進めなければならない。

### 2.3.3 駐車場案内システムと駐車場予約システムの関係

PR システムとは、あらかじめ予約をしていれば待つことなく駐車場を利用できるという点で、事前に知ることができる、誤差のない情報といえる。よって、PR システムの割増料金や予約料金とは、この誤差のない情報にどれだけの料金を支払うか、という問題と考えることができる。情報を得ることによって期待されるのは、所要時間の不確実性の減少であると考えれば、結果的には、駐車場に待たずに入庫することが可能になった際に、どれだけ総所要時間の不確実性減少が期待されるか、ということになる。

また、システム管理者とシステム利用者の双方が情報を共有することができないために生じる需要側の供給側の不均衡を是正するのが情報通信技術を活用した ITS の主たる目的と位置づければ、PGI システムと PR システムのもうひとつの関係がみいだせる。PGI システムをはじめ種々の情報提供施策とは、ある一定のサービス許容量を持つ施設に対して許容量を超える要求による生じる遅れに起因する不確実性をあらかじめサービス享受者に知らしめることによって、他の施設への移行を促すものである。すなわち、サービス享受者側にサービス供給側の不確実性を知らしめるものといえる。一方、サービス供給側から見れば、サービスに遅れが生じるのはサービス享受者の動向が把握できないためである。ITS を需要側と供給側の不均衡を是正するための情報共有ツールと位置づけた場合、需要側の不確実性を減少させる方策、すなわち事前にサービス享受者の動向を知らしめるような仕組みも十分考えられよう。需要の不確実性を減少させることによって、格段にサービスレベルの安定化が期待できる。駐車場管理でいえばこれが PR システムに他ならない。以上より、PGI システムは需要側から見た供給側の不確実性を減少させるための供給側から需要側への情報提供方策であり、PR システムは供給側から見た需要側の不確実性を減少させるための、需要側から供給側への情報提供方策と考えることができる。本研究で目指している駐車管理の高度化とは、情報通信技術を援用した交通サービスの利用者側、供給者側の情報共有によって、双方の不確実性を減少させるものであるといえる。

## 2.4 高度駐車管理システムに関する評価・研究事例

### 2.4.1 駐車場案内システムの導入効果評価事例

PR システムについては都市地域全体として導入された事例がないが、PGI システムは既に多くの都市において供用開始されている。PGI システムの導入効果の評価に際しては、駐車場の利用率や入庫待ち台数の推移などマクロ的な評価指標を用いたものと、アンケート調査に基づく駐車場利用者の評価を調査したものの 2 種類に大別される。多くの研究にお

いて、双方の手法を用いて実施されていることが多い。

栗田（1990）らは、秋田市において計画中であった PGI システム導入の予備実験として、手動による仮設情報板を用いた駐車情報提供を行い、アンケート調査および駐車場利用状況調査からシステムの評価を試みた。その結果、駐車場利用状況では、駐車情報を提供していない場合と比較して駐車場の平均回転率（＝延駐車台数／収容台数）の平滑化がみられることが明らかとなっている。また、利用者へのアンケート調査より、満空情報のみを提供するのではなく、駐車場の入庫待ち時間情報を利用者が希望していることなどが知見として得られている。栗本ら（1989）は、豊田市において導入された PGI システムを対象として駐車場利用者にアンケート調査を実施し、利用者評価をとりまとめている。この研究においても、PGI システムはおおむね利用者に受け入れられている、という知見を得ている。また、尹ら（1994）は、多摩市における PGI システム導入前後の駐車場利用調査およびアンケート調査より、駐車場における入庫待ち台数の減少、駐車場利用の平準化を報告している。同様の研究は海外でもいくつか見受けられる。Rayman and Stannett(1981)は、Torbay において導入された PGI システムの導入効果を、駐車場の利用状況より評価している。2 年間にわたる観測の結果、案内情報提供は特に遠方からの訪問者に対して有効であるとの知見を得ている。また、Polak et al.(1990)は、ヨーロッパを中心に PGI システムが導入されている都市における導入評価報告をとりまとめて報告している。Aachen, Cologne, Torbay, Truro の 4 都市における導入後の調査分析より、それまで利用の少なかった駐車場の利用が増加したこと、事前に利用する駐車場を決定していなかったドライバーにとって、PGI システムは特に有効であること、混雑している駐車場の入庫待ち行列が減少したこと、都市内の来訪車両数の増加が観測されたこと、などが知見として得られている。また、Osnabrück, Manchester などにおける調査より、個人属性と情報利用意向などの関連性が明らかになっている、と報告している。

以上、PGI システムの導入効果評価は、利用者評価と顕在化した駐車場利用状況の 2 側面から実施されていることがほとんどであるが、それらふたつの評価基準についてその関連性を深く考察したものは少ない。この関連性を議論するためには、駐車場選択行動とその中での駐車情報の影響についての解明が必要である。次項においては、情報提供下の駐車行動分析について、既存研究をレビューする。

#### 2.4.2 情報提供下の駐車行動分析

情報提供が流入制御や通行規制等と大きく異なる点は、情報には強制力がないことである。すなわち、ドライバーの意思決定行動が、強制力のない施策における重要な計画パラメータとなる。駐車場予約についても同様のことがいえ、PR システムがうまく機能し、期待される効果が実現するためには、駐車場利用者が予約駐車場を利用価値があると認識する必要がある。よって、これらの高度駐車管理方策の効果を検証するためには、ドライバ



一の交通行動に基づく分析が不可欠といえる。

情報提供下の行動分析は 80 年代から多く実施されている。この種の研究では、即時的対応効果と時間遅れ効果をどのように観測し分析するかが重要となる。Polak et al.(1993)や吉田等（1994）は、情報に対する依存度と個人属性の関係を分析している。これらは、情報提供により行動を変更したドライバーの割合やその特徴を明らかにすることを目的とした研究と位置づけられる。それに対して、料金や目的地までの徒歩時間等の定量的なデータと情報提供の影響を比較し、情報提供効果を定量的に分析する研究も多くみられる。このような試みとしては、Allen(1993)や Tsukaguchi(1995), Muromachi(1995), Asakura(1996)などがあげられる。これらの研究は全て SP（Stated Preference）データを用いた研究である。SP データを用いた研究においては複雑な質問項目を設定することが難しいため、情報の時間遅れ効果を分析することは難しい。そのため、これらの研究は全て即時的対応効果のみを対象としている。一連の研究においては離散選択モデルを用いた駐車場選択のモデル化を試みており、その結果、情報提供が駐車場選択に影響を及ぼしていることを明らかにしている。

情報提供の効果は、その内容などによって大きく異なる可能性について前述した。実際に導入されているものは、満空情報、空き台数情報などがあるが、待ち台数情報や予測待ち時間情報は、現在供用されている都市はないため、SP 調査によりデータを収集する必要がある。情報提供の内容に加えて、提供された情報がどれほど実際の状況と合致しているかによっても、ドライバーの交通行動に及ぼす影響は異なってくる。つまり、ドライバーは、くり返し情報を受け取り、その行動の結果と提供された情報を検討し、情報が価値あるものであるかどうかを判断していると考えられる。そのため、精度によっては情報が価値のないものにもなりかねない。しかし、個々のドライバーが情報に対してどれほどの信頼度を持っているかを知るためには、まずは知識がまったく無い状態からの情報提供下での選択行動を繰り返し観測することが必要である。

上述のように、現実には存在しない情報提供方法についての分析を行い、さらには情報の精度に関する考察を行うためには、ある仮想的な都市を設定し、そこでのドライバーの駐車場選択を繰り返し観測する SP 駐車場選択実験を行うことが妥当といえる。近年のコンピュータ技術の向上を考慮すると、このようなシミュレータを用いた実験的アプローチはデータ収集の一手法として確立されていくものと考えられる。実験システムや行動シミュレータを用いた研究は、近年いくつか存在する。Mahmassani and Liu(1995)は、pre-trip 情報と en-route 情報がドライバーの経路選択にどのように影響を及ぼすかについて、実験を用いて分析を行っている。さらに、Bonsall and Merrall(1995)は経路選択シミュレータを用いて事故情報が与えられた場合のドライバーの対応行動を分析している。実験システムを利用して、情報精度と行動の関連性の分析を試みた研究もいくつか見られる。Bonsall(1992)は、相互作用経路選択シミュレータ（IGOR）を用いた分析より、ドライバーが誘導情報を遵守するか

どうかは、ネットワークに対するドライバーの知識と情報の精度に依存することを示している。また、宇野ら（1997）は、室内経路選択実験システムを利用して、情報精度が異なる実験を実施し、情報精度の経路選択に及ぼす影響を分析している。その結果、精度が高い情報が継続的に提供されれば、ドライバーは情報に対してより依存すること、はじめに精度の低い情報を受けたドライバーはその後精度が改善されてもあまり情報を参考にしないことなどを知見として得ている。

交通システムの大きな特徴としてあげられるのが、ドライバー個人個人の意思決定によってパフォーマンスが変化することであることより、本研究で扱う高度駐車管理システムの導入効果を分析するためには、システム導入下のドライバーの交通行動についての詳細な分析及びモデル化と、個々のドライバーの意思決定による交通状況を記述するためのツールの構築が必要となる。行動モデル分析からの交通状況再現については、研究事例がほとんどない。わずかに、Asakura(1996)の研究が、SP 調査を用いた駐車場選択モデルをサブモデルとして内包した交通流シミュレーションモデルを用いた情報提供効果分析を実施している。

#### 2.4.3 駐車場予約システムに関する検討事例

PR システムについては、実際に導入されている都市が存在しないこともあり、仮説に基づく検討、あるいはその概念的な整理がほとんどである。Post et. al (1985)は、大規模イベント時における PR システムとして、第 23 回オリンピックにおける駐車場予約システムについて、Park & Bus Ride システムと併せて導入された予約システムによって、交通管理者は交通需要の不確実性を減少させることができたことを報告している。また、Hilton (1989) は、駐車場予約システム導入について、考慮すべき点について、概念的に整理を試みている。PR システム導入下の交通行動については、現在のところ研究事例はほとんど存在していない。

### 2.5 本研究の位置づけ

既存の研究を鳥瞰すると、PGI システムについては、実際に導入された都市におけるマクロ分析および利用者の評価分析と、SP 調査による行動分析の2種類に大別することができ、PGI システム導入都市における駐車行動分析について実証的に検証を行ったものはほとんどないことがわかる。さらに、情報提供による時間遅れ効果について、駐車情報について詳細なる分析が実施されている例もほとんどない。本研究においては、実証データを用いて駐車行動モデルの構築を試みていること、情報提供による時間遅れ効果、特に情報の継続的な取得による駐車行動の変容について、室内実験システムで詳細に分析を試みていること、調査結果より得られた行動サブモデルを内包させた交通流シミュレーションモデルによる検討を行っていること、などが特徴的であるといえる。

一方、PR システムについては、研究事例がほとんどないことに加えて、現実稼働している大規模なシステムが存在しない。その中でも、本研究においては、SP 調査であるものの、PR システムの利用意向について調査していること、予約駐車場の利用／非利用について、モデル化を試みていることなどが特徴的であるといえる。加えて、PGI システム、PR システムの相互効果についても検討を加えている。

## 2.6 本研究で取り扱う交通行動の範囲

駐車問題は、都市内交通問題の主要因であり、また都心部へのトリップにおける自動車利用にかかる所要時間のうちかなりの割合を占めるものである。また、駐車問題が都心部の空洞化に拍車をかけている、という指摘もある（栗本ら、1989 など）。そのため、都市活性化など、多くの相乗効果が期待される高度駐車管理システムの導入効果を総合的に評価するためには、目的地の選択行動、交通機関選択行動など、多岐の交通選択行動と統合的に取り扱う必要があるといえる（Young, et al, 1991）。また、PR システムの特徴として、交通機関の不確実性の減少を挙げているが、都市交通の現状を考えると、現時点では自動車トリップよりも鉄道など軌道系交通機関の方が定時性に優れており、そのような観点からも交通機関選択行動との統合が求められよう。しかしながら本研究においては、駐車場選択行動についての詳細分析を最重要課題として位置づけたため、分析の中心を駐車場選択行動に限定している。すなわち、おおよその出発時刻や駐車後の目的地は与件とし、駐車場の選択行動に対して、情報の及ぼす影響に限定して分析を進める。

## 2.7 結言

本章においては、本研究で対象とする、PGI システム、PR システムについて、その特徴および導入時の留意点を整理し、さらに両システムの相互関連性について言及した。さらに、既存の研究レビューを踏まえ、本研究の位置づけを明らかにした。

### 【第 2 章の参考文献】

- Allen P. A. (1993): "Driver response to parking guidance and information systems", *Traffic Engineering & Control*, June, pp.302-307
- Asakura Y. (1996): "Parking Simulation Model for Evaluating Availability Information Service", *Advanced Methods in Transportation Analysis*, Springer, pp. 457-480, 1996
- Bonsall, P. (1992): "The Influence of Route Guidance Advice on Route Choice in Urban Networks", *Transportation*, 19, pp. 1-23

- Bonsall P. and Merrall A. C. (1995): "Analysing and Modelling the Influence of Roadside Variable Message Displays on Drivers' Route Choice", *Proceedings of the 7th World Conference on Transport Research*, **Volume 1**, pp. 11-25
- Hilton, I. (1989): "Advance Booking for Parking : essential provision to serve town centre access by car", *Traffic Engineering and Control*, **30**(9), pp. 418-422
- 栗本譲・荻野弘, 野田宏治 (1989): "豊田市中心市街地の駐車場案内・誘導システム導入実験と駐車場利用実態調査", 第24回日本都市計画学会学術研究論文集, pp. 547-552
- 栗田博喜・佐川悌一他 (1990): "駐車場案内システムによるドライバーの交通行動について", *土木計画学研究・講演集*, **13**, pp. 711-718
- Mahmassani H. S. and Liu Y. (1995): "Commuter Pre-Trip Decisions Route Choices and En-Route Path Selection under Real-Time Information: Experimental Results", *Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems*, pp. 1860-1864
- Muromachi Y., Harata N. & Ohta K. (1995): "A Dynamic Analysis on Driver's Response to the Parking Guidance and Information System", *Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems, '95 Yokohama*, **Volume IV**, pp.1825-1830
- Polak, J., W., Hilton, I., C., Axhausen, K., W. and Young, W. (1990): "Parking Guidance and Information Systems: Performance and Capability", *Traffic Engineering & Control*, **31**(10), pp.519-524
- Polak J., Vythoulkas P. et al. (1993): "Broadcast Parking Information: Behavioral Impacts and Design Requirements", *Transportation Research Record*, **1403**, pp. 36-44
- Post, P., Parry, S., and Spivack, G. (1985): "Olympic Park-and-Ride Advance Reservation System", *Transportation Research Record*, **1045**, pp. 1-8
- Rayman, N., and Stannett, A.(1981): "Compace Urban traffic Control, car park information system", *Traffic Engineering and Control*, **22**(7), pp. 411-415
- Tsukaguchi H. (1995): "Parking Management System Based on an Analysis of Parking Location Choice Behaviors", *Paper presented at 7th World Congress on Transport Research*, Sydney
- 宇野伸宏・飯田恭敬・久保篤史 (1997): "旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動に関する実験分析", *土木計画学研究・論文集*, **14**, pp. 923-934
- 吉田孝介・飯田恭敬他 (1994): "駐車場案内システム有効利用のための基礎的検討", *土木学会第49回年次学術講演会概要集第4部*, pp. 380-381
- 尹祥福・中川義英・水野照夫 (1994): "多摩センター地区における駐車場案内システムの導入効果及び評価に関する研究", 第29回日本都市計画学会学術研究論文集, pp. 283-288
- Young, W., Thompson, R. G. and Taylor, M. A. P. (1991): "A review of urban car parking models", *Transport Reviews*, **11**(1), pp. 63-84



## 第3章 パネルデータによる情報提供下の駐車行動分析

### 3.1 概説

PGI システムの導入効果を計測するためには、システム導入前後の交通行動変化が重要となる。本章においては、PGI システムの導入が予定されていた大阪府茨木市において、PGI システム導入前および導入後の複数回にわたってアンケート調査を行い、駐車行動を観測した。得られたデータを用いて、情報の即時的対応効果に位置づけられる情報取得後の行動変化と、時間遅れ効果と位置づけられる学習効果について分析する。ここで利用したのは、複数のパネルデータである。そのため、アンケート調査を繰り返すうちにサンプル属性に偏りが生じる等、パネルデータ特有の問題を抱える。このような問題点も考慮した分析手法についても本章において検討を加える。

本章における構成は以下の通りである。まず、3.2 において、茨木市パネル調査の概要について説明し、大阪府茨木市における駐車行動の概要の把握を試みる。3.3 においては集計的な指標から見た駐車情報提供の効果を分析する。3.4 では駐車場選択モデルの構築を行い、モデル推定結果より駐車場案内情報の提供効果について考察を加える。出発地における駐車場選択、および情報取得後の駐車場選択をモデル化し、推定結果を PGI システム導入前後で比較することによって考察を加える。分析の際には、パネル調査に起因する問題点を整理し、その修正方法についても検討を加えることとする。最後に、3.5 において、本章で得られた知見をまとめ、残された課題を示す。

### 3.2 茨木市駐車場パネル調査

#### 3.2.1 調査の概要

研究対象都市である大阪府茨木市は、大阪府北部に位置する人口約 25 万人の都市である。大阪市中心部からおおよそ 15km に位置し、居住者の多くは大阪都心部に通勤している。図 3.2.1 に茨木市都心部の地図を示す。都心部には、JR 東海道線茨木駅および阪急電鉄京都線茨木市駅の 2 つの駅が存在し、駅周辺および両駅を結ぶ中央通り等において違法路上駐車が発見され、都市内の円滑な交通の大きな妨げとなっている。

同市は、1970 年に開催された大阪万国博覧会の際の最寄駅となっており、市当局によって駐車場が整備されている。図 3.2.1 に示す都心エリアにおいてはおよそ 20 の駐車場が存在するが、そのうち 7 か所については市が運営する公営駐車場であり、全駐車容量の約 70% を占める。

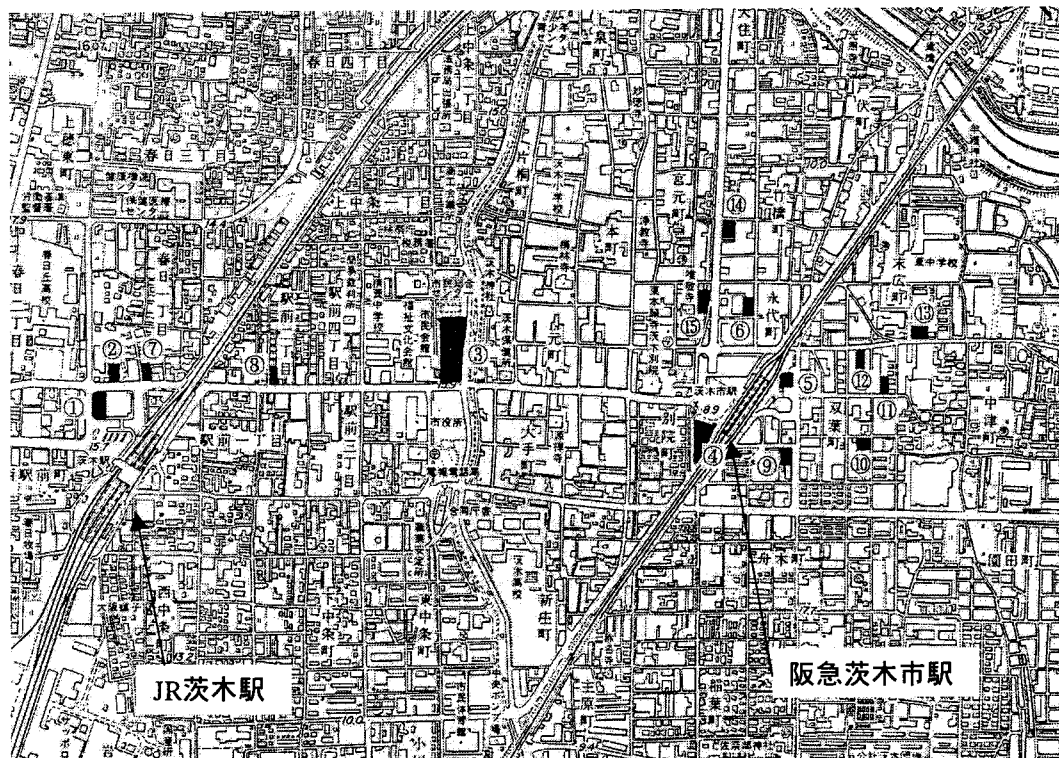


図3.2.1 茨木市中心部地図

茨木市においては、慢性化した違法路上駐車車両と交通渋滞緩和のため、様々な駐車対策が行われている。まず、1992年6月に、茨木駅、茨木市駅のほぼ中間に駐車容量308台の大規模地下駐車場（中央公園駐車場；図3.2.1中③）を整備し、その後同年10月に路上駐車取締条例を発令している。同市における駐車実態調査によると、中央公園駐車場が有効に利用されれば、路上駐車含めた茨木市に來街する駐車需要全てを受け入れ可能とされる。さらに、中央公園駐車場の利用促進を目指し1994年6月に地図式の駐車場案内板を、同年12月に文字式の駐車場案内板を設置し駐車場情報の提供を開始した。

本研究においては、1)全駐車容量のおよそ70%が公営駐車場であり、比較的調査が実施しやすい、2)都心部の駐車需要を全て受け入れるだけの駐車容量がある、3)駐車情報提供前後の駐車行動データが入手可能である、等の理由により、茨木市を研究対象地域として選定した。

茨木市の駐車対策と調査の状況の関係を図3.2.2に示す。調査は、駐車場出口において係員より手渡しにて調査票を配布し、郵送にて回収する窓口調査と、窓口調査において返答のあった被験者を対象に、郵送にて調査票を発送し郵送にて回収するパネル調査の2種類を行っている。表3.2.1に調査票配布・回収状況を示す。抽出率は、回収枚数を駐車場ごとに調査当日の日利用台数の和で除したものである。

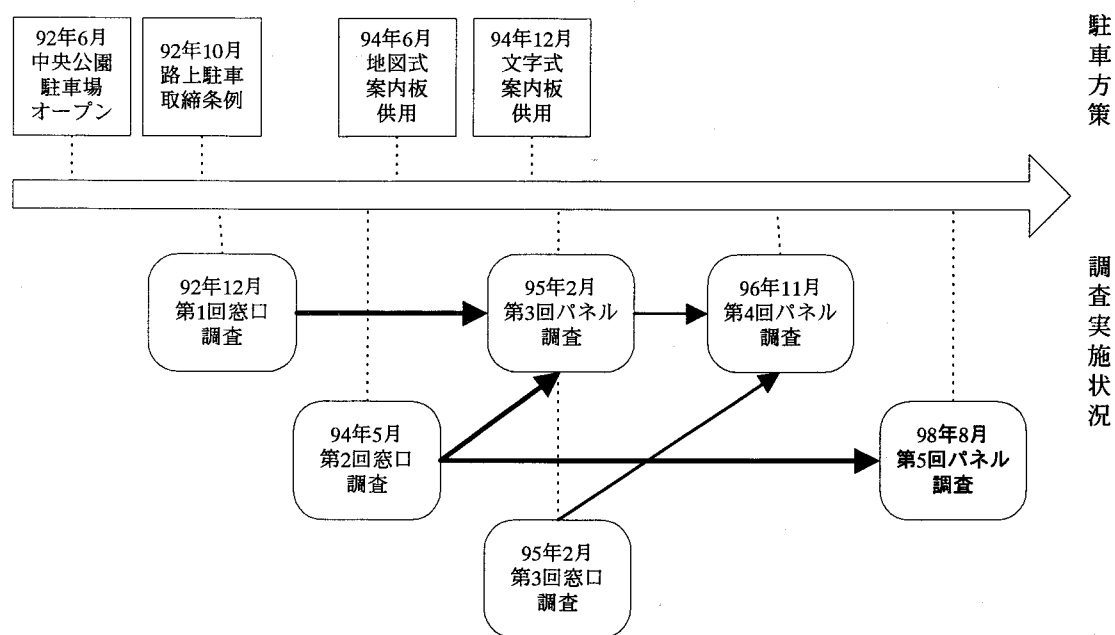


図3.2.2 駐車対策と調査実施状況

表3.2.1 調査票配布・回収状況

調査 回	調査 形式	平日					休日				
		日利用 台数	配布 枚数	回収 枚数	回収率	抽出率	日利用 台数	配布 枚数	回収 枚数	回収率	抽出率
第1回	窓口	1,963	1,448	431	29.8%	21.9%	1,771	1,309	406	31.0%	22.9%
第2回	窓口	2,090	1,476	489	33.1%	23.4%	1,823	1,428	494	34.6%	27.1%
第3回	窓口	2,850	1,465	388	26.5%	13.6%	2,049	1,907	565	29.6%	27.6%
第4回	パネル	-	1,670	1,047	62.7%	-	※パネル調査については、平日・休日の分類をしていない				
第5回	パネル	-	963	668	69.4%	-					
第5回	パネル	-	932	438	47.0%	-					

窓口調査においては、駐車場出口にて 9:00～17:00 までに在庫した全ての車両に対して調査票を配布した。第1回および第2回窓口調査は、PGI システム導入前の駐車行動の把握を目的として実施されている。第3回調査は、PGI システム導入後の駐車行動を観測することを目的としており、第1回および第2回窓口調査において調査票に住所記入があったサンプルを対象として調査票を郵送したパネル調査と、駐車場出口での窓口調査の2種類を行った。第4回パネル調査は、調査サンプルの消耗防止のために行った補足的な調査であり、情報提供下の経路選択行動についてのSP調査を行っている。第4回パネル調査では、第3回窓口調査で得られたサンプルと、第3回パネル調査に参加したサンプルのうち、およそ半数をランダムに抽出して調査票を郵送している。第5回パネル調査は、第3回パネル調査の参加・不参加にかかわらず、第2回窓口調査サンプルを対象として調査を行っている。調査票の内容は、調査回ごとに若干異なっている。調査回ごとの質問内容を表3.2.2に示す。



表 3.2.2 調査回ごとの質問項目

大分類	細 目	調査回				
		1	2	3	4	5
個人属性	性別	○	○	○	○	
	年齢	○	○	○	○	
	職業	○	○	○	○	○
	車での来街頻度	○	○	○	○	○
	現住所	○	○	○	○	○
	茨木市に來街するようになってからの経過年数		○	○		
当日の トリップ 特性	目的地・経路・駐車場の選択順					○
	利用駐車場	○	○	○		○
	利用駐車場の決定時点		○	○		○
	実際に利用した駐車場が第一希望かどうか		○	○		○
	第一希望駐車場はどこだったか			○		○
	第一希望駐車場を利用しなかった理由		○	○		○
	第一希望駐車場の決定時点			○		○
	車種		○			
	同乗者数	○	○	○		○
	出発地	○	○	○		○
	出発時刻		○	○		○
	利用経路	○	○	○		○
	入庫待ち時間	○	○	○		○
	入庫時刻	○	○	○		○
	駐車時間	○	○	○		○
	トリップ目的	○	○	○		○
	目的地	○	○	○		○
	目的地到着制約時刻					○
	目的地到着予定時刻					○
	目的地到着時刻					○
	出庫後の行き先			○		
	料金支払方法	○	○	○		
	案内情報を見たか			○		○
	どのような情報を見たか			○		
	利用駐車場の情報			○		
	どの案内情報板を見たか					○
	案内情報板の内容					○
中央公園 駐車場 について	知っているか	○				
	利用するか	○				
	利用条件	○				
	中央公園駐車場の利用に関するSP調査	○				
その他の 駐車場に ついて	各駐車場を知っているか		○	○		○
	使ったことがあるか		○	○		○
	アクセスのしやすさ (5段階評価)		○	○		
	入出庫のしやすさ (5段階評価)		○	○		○
	料金 (5段階評価)		○	○		
	混雑具合 (5段階評価)		○	○		○
	平均的に何分ぐらい待つと思うか					○
	同一目的地で利用するか		○	○		○

表 3.2.2 調査回ごとの質問項目（続き）

駐車行動 一般 について	駐車場選択の際に重視する要因	○	○		
	利用予定駐車場が満車の時の行動	○	○		○
	交通指導員から注意されたことがあるか		○		
	違法駐車取締を受けたことがあるか	○	○		
	普段車で来街する時に行く場所		○		
PGI システム	情報が必要かどうか	○			
	満空情報以外にほしい情報	○	○		○
	情報を受け取りたい位置	○			
	PGIシステム稼働認識の有無		○		
	PGIシステムの利用		○	○	○
	非利用理由		○	○	○
	PGIシステムの利用方法			○	
	PGIシステム導入による行動エリアの変化		○		
	PGIシステムの評価（情報や表示内容について）		○	○	○
	PGIシステムは役に立つか		○	○	
PR システム	PRシステムの利用可能性について	○	○		
	許容する料金増		○		
	PRシステム利用意向に関するSP調査				○
	PRシステム選択SP調査				○
その他	第1回調査参加の有無		○		
	第1回、第2回調査参加の有無			○	

※ 第4回調査における駐車行動に関連のない質問はのぞく

### 3.2.2 分析に用いるデータ

調査回によって調査項目や調査内容が異なること等の理由により、本章における全ての分析を全調査回のデータを用いて行っているわけではない。そのため、分析を進めるにあたって、分析内容ごとにどの調査回のデータを用いているかを概説しておく。3.2.4で行う茨木市の駐車特性を把握するための集計的考察においては、パネル調査に起因する偏りのないデータが望ましいため、第2回窓口調査を用いた。3.3.1の駐車場情報の利用意向と評価の考察では、利用意向については第1回調査において質問したものを、導入後の利用状況や案内情報板、情報内容の評価についてはPGIシステム導入後の第3回～第5回のデータを用いた。3.3.2の駐車場利用状況の変化については、ある特定の一日に着目した考察が必要と考え、第1回～第3回の窓口調査により得られたデータを用いた。この分析においては、茨木市において比較的交通混雑が激しい休日のみを対象としている。3.3.3の駐車場情報取得後の行動変化については、PGIシステムの利用状況や評価について詳細に質問している第3回調査を用いた。3.3.4では、パネルデータの特徴を利用することを目的として、同一個人の行動の経時変化を考察しており、第2回、第3回、第5回の全ての調査に参加したサンプルを抽出して分析を行っている。続いて、3.4.1のパネル調査に起因するサンプルアトリッションの修正方法の分析においては、分析時点までに調査が終了していた第4

回パネル調査までのデータを利用している。3.4.2の駐車場選択行動のモデル化については、PGIシステム導入前の行動として第2回窓口調査から得られたデータを、システム導入後の行動データとしては、第3回パネル調査により得られたデータを利用することとした。

### 3.2.3 パネル調査における留意点

パネル調査から得られたデータを用いて分析すれば、以下のような利点があることが知られている (Kitamura, 1990)。

#### a) パネル調査の利点

##### ① 効率的なデータ収集が可能

パネル調査を行う際には、考察対象のものに対して行動変化を行う可能性があるサンプルのみで構成すればよく、また、繰り返し観測を行うことによって、観測することが難しい要因を統計的に除去することが可能である。これより、サンプルサイズを小さくすることが可能であり、より効率的なデータ収集が可能となる。

##### ② 個人間の差異の明確化が可能

同一サンプルに調査を行うパネル調査に対して、調査を行うたびにサンプリングする調査は、横断面調査と呼ばれる。横断面調査においては、各調査時点における割合のみがわかることになるが、パネル調査においては、各個人の行動変化を把握することが可能である。例えば、条件が変化しても選択を変更しないサンプル（固定層）と、状況に応じて選択を変更するもの（選択層）を分類することが可能といえる。横断面調査においては各調査の間で個人を関連づけることができないため、この分類が不可能である。

##### ③ 交通行動の動的分析が可能

横断面調査においては、サンプルの「違い」に基づいてモデルが構築されており、サンプルの「変化」を表現しているわけではない。例えば、情報取得意向と所得の関連を調査した結果、高所得者ほど情報をより取得する傾向にある、という結果を得たとする。この結果からいえることは、「この調査を行った時点において、高所得者は低所得者と比較してより情報を欲する」、ということであって、「低所得者の所得が上昇した場合に、より情報を欲するようになる」、あるいは、「高所得者の所得が減少した場合に、情報を余り欲しなくなる」、ということの意味するのではない。パネル調査においては、複数の調査時点間のサンプルを関連づけることが可能であるため、上記のような、個人の属性変化と行動変化をとらえることができる。

また、環境の変化に対する個人の行動や態度は、変化が起こった直後に現れるわけではなく、ゆっくりと、時には過剰反応を示しながら顕在化する。このような時間遅れを分析する際にも、パネル調査は有用なデータ収集手段であるといえる。

#### b) パネル調査の問題点

パネル調査においては様々な利点がある一方で、それに起因する問題点も多い。

#### ① アトリッションの問題

パネル調査においては繰り返し調査を行うが、調査を重ねていく際に、被験者が脱落していくことが起こりうる。このとき、一般的に、脱落しない被験者（stayer）と、脱落した被験者（dropper）の属性は異なることが多い。そのため、パネルサンプルが母集団を代表していない可能性が生じる。このようなパネルサンプルの偏りは、パネルアトリッションバイアスと呼ばれ、何らかの形で修正する必要がある。

#### ② 選択肢別抽出の問題

選択肢別に被験者が抽出された（choice-based sampling）場合、選択肢ごとのサンプル抽出率や回収率が異なれば、選択肢のサンプルシェアと母集団シェアが異なってくる。この問題は、パネル調査のみならず横断面調査においても考慮すべきである。母集団シェアに合うようにサンプルを重み付けする必要がある。

#### ③ サンプル更新の問題

パネル調査においては調査を重ねるごとに消耗が生じ、分析可能なサンプルは減少していくことになり、時として分析に耐え難いサンプル数となってしまうこともあり得る。そのため、各調査回において、サンプル数確保のために新たな被験者を募り、被験者集合を更新することが多い。また、更新はランダムに抽出されたと考え、パネルアトリッションバイアスを中和させるために利用されることも多い。この場合、パネルサンプルと新たに集められたサンプルとの間の重み付けを考える必要がある。

#### ④ パネルコンディショニングの問題

パネル調査を複数回参加するということが、被験者の意思決定や行動に影響を与え、その結果、調査に参加したものと母集団の行動との間にバイアスが生じる可能性がある。

#### ⑤ 疲労の問題

パネル調査を複数回繰り返すと、被験者が疲労（fatigue）することによりそのデータにバイアスが生じる可能性がある。

### 3.2.4 茨木市の駐車特性

茨木市における駐車状況を把握するために、茨木市の駐車特性を集計的指標から考察する。第2回調査により得られたデータを用いて分析する。

#### a) 個人属性

##### ① 性別

平日・休日別の性別の割合を図3.2.3に示す。平日と比較して、休日の方が男性ドライバーの比率が高い。

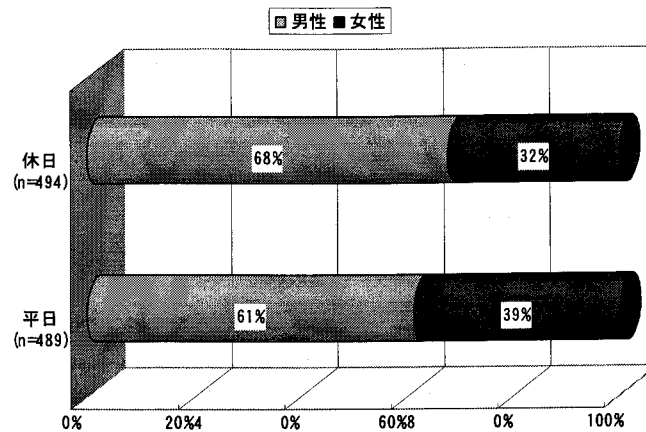


図 3.2.3 サンプルの性別

## ② 年齢

年齢分布についての集計結果を図3.2.4に示す。40 歳代について、平日と比較して休日ではサンプルシェアが大きいものの、年齢分布に大きな差はないといえる。

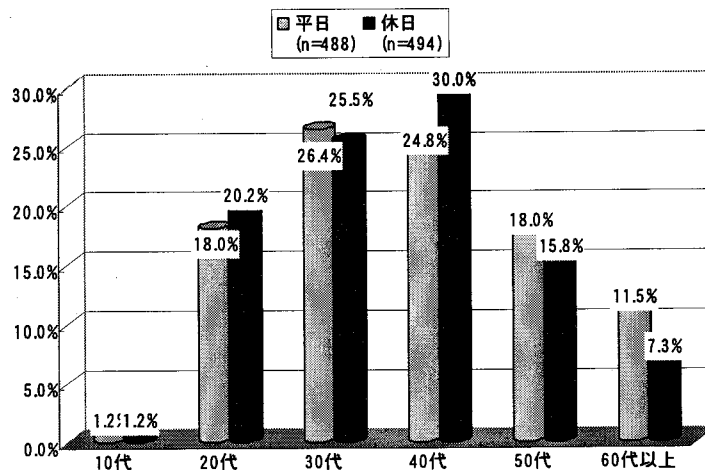


図 3.2.4 サンプルの年齢

## ③ 職業

職業について集計した結果を図3.2.5に示す。平日において最もシェアが大きいのが主婦であり、休日においては製造業となっている。

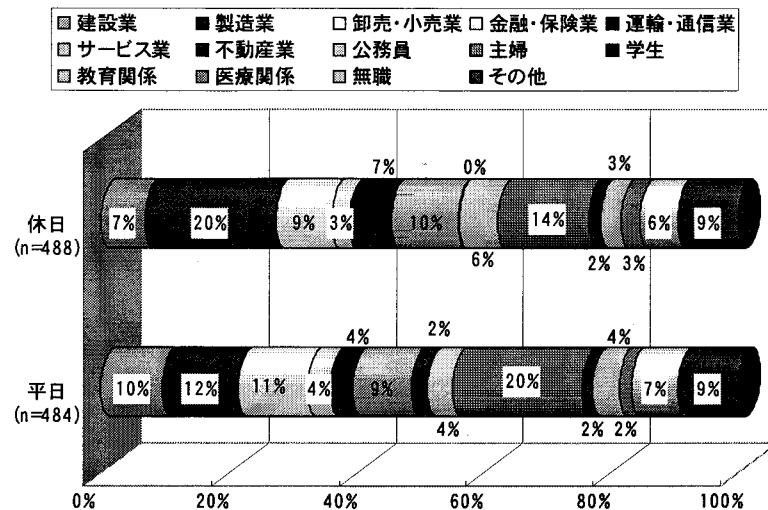


図 3.2.5 サンプルの職業

#### ④ 自動車での来街頻度

自動車での来街頻度についての集計結果について図3.2.6に示す。平日においては、ほぼ毎日、および週に2, 3回と、高い頻度で来街しているサンプルが多く、50%を超えるのに対して、休日においては、月に数回来街するサンプルが多い。

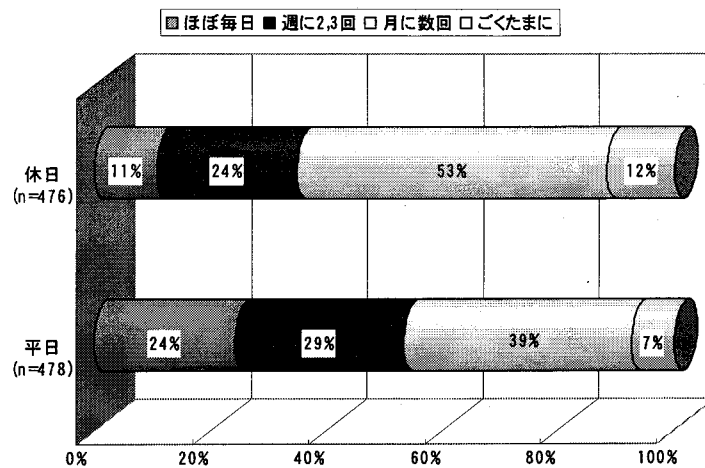


図 3.2.6 サンプルの来街頻度

#### ⑤ 車で来街するようになってからの経過年数

車での来街頻度同様に、サンプルの茨木市中心部についての知識を把握することを目的として、車で茨木市中心部へ来街するようになってからの経過年数を質問している。図3.2.7より40%程度が10年以上と回答しており、5年以上をあわせると60%程度となる。茨木市駐車場を利用しているドライバーは、茨木市の地理について十分な知識があると考えられ

る。

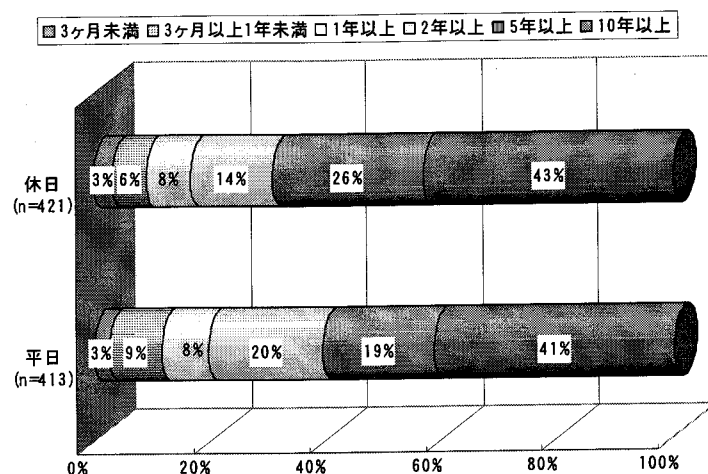
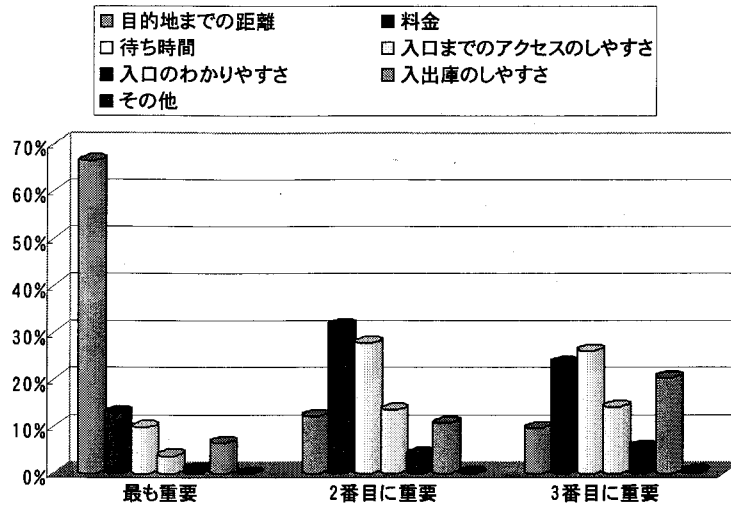


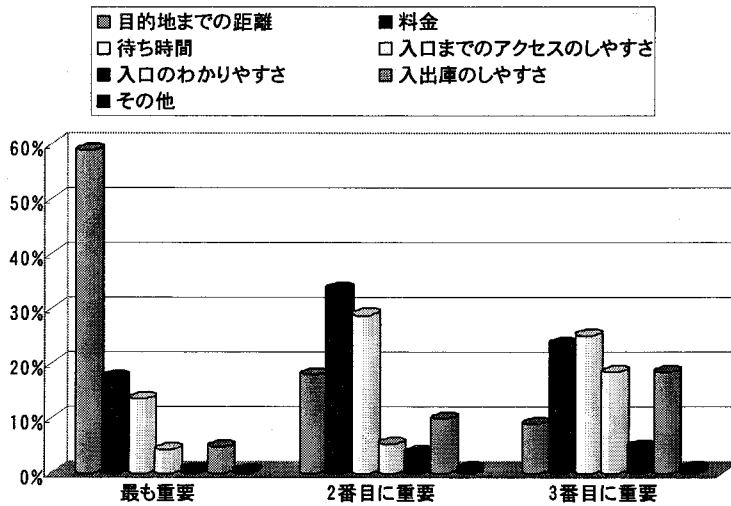
図 3.2.7 車で来街するようになってからの経過年数

#### ⑥ 駐車場選択の際に重視する要因

駐車場選択をモデル化する時の要因抽出の際に参考とするために、徒歩距離、料金、待ち時間、駐車場までのアクセスのしやすさ、駐車場入口のわかりやすさ、入出庫のしやすさ、の中から、駐車場選択の際に重視する要因について上位 3 項目を質問した。平日・休日ごとの集計結果を図3.2.8(a), (b)に示す。この図は、最も重要、2 番目に重要、3 番目に重要なそれぞれの回答ごとに各選択肢の割合を計算したものを示している。平日・休日ともに最も重視される要因は、目的地までの距離であり、ドライバーはできる限り目的地に近い駐車場を利用しようとしていることがわかる。また、2 番目、3 番目に重要な要因としては、駐車料金および待ち時間の割合が高い。平日と休日と比較すると、最も重要な要因として徒歩時間を挙げたサンプルの比率が平日と比較して休日の場合には小さく、休日の方が、若干目的地が遠いことを容認していることがわかる。また、料金が重要である、と回答したサンプルの割合が休日では相対的に高く、多少目的地が遠くとも料金の安い駐車場を利用する傾向にあるといえる。



(a) 平日



(b) 休日

図 3.2.8 駐車場選択の際に重視する要因

#### ⑦ 満車時の対応

調査時のトリップと同じ目的および目的地であり、駐車時間も同程度を予定しているとして、今回利用した駐車場が満車である場合に、どのような行動を行うかを仮想的に質問した。集計結果を図3.2.9に示す。55%程度のサンプルが入庫できるまで待つことを選択している。また、40%程度のサンプルが他の駐車場を探す、と回答している。このような交通がうろつき車両となり、周辺の道路交通の妨げになることが懸念される。一方、目的地を変更する、別の日にまた来る、といった大幅な行動変更を行うと回答したサンプルは非常に少ない。さらに、「入庫できるまで待つ」と回答したサンプルに対して、どれぐらいの待ち



時間までなら待つのか、という質問もあわせて行った。図3.2.10より、被験者は、平日においては 10 分から 15 分程度、休日においては、30 分程度までは入庫待ちを許容することがわかる。このように平日と休日で大きな差がみられた理由としては、茨木市の駐車場混雑状況が休日の方が激しいためと、休日に来街するドライバーは来街頻度があまり高くなく、茨木市の駐車環境について十分な知識を持ち合わせていないため、と考えられ、案内情報提供は休日の方が効果的であることが予想される。

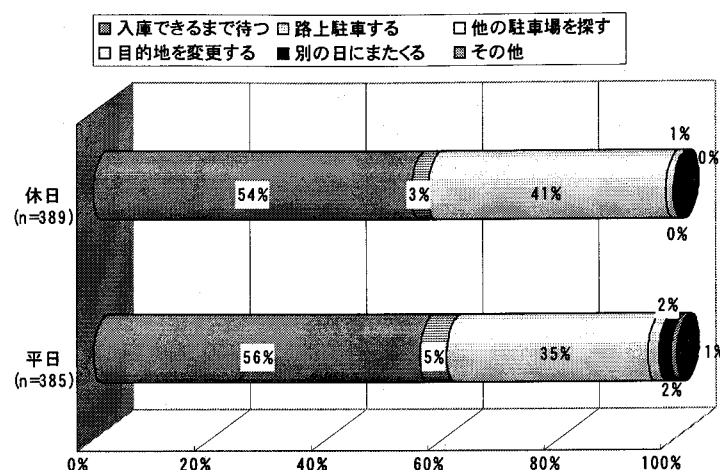


図 3.2.9 満車時の対応

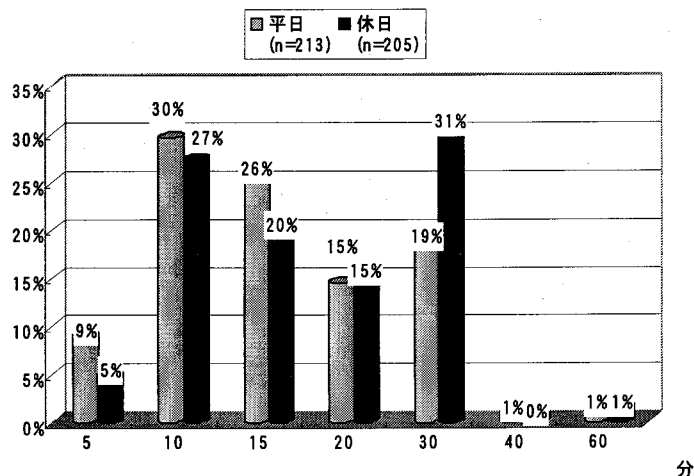


図 3.2.10 入庫待ち時間の限界値

## b) 調査当日のトリップの特性

### ① 出発地

第 2 回調査においてサンプルが回答した、当日の駐車場を利用した際の出発地の分布を図3.2.11に示す。出発地の分布は平日休日の差がほとんどなかったため、合計した結果を示している。全体の 60%以上のサンプルが茨木市内を出発しており、加えて半径 5km 程度の

地域から来街しているサンプルがほとんどである。

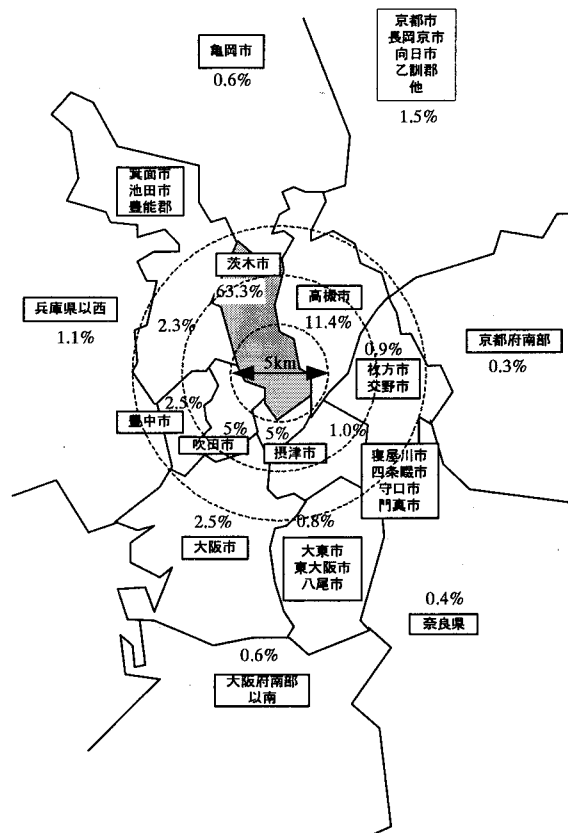


図 3.2.11 出発地の分布

## ② 出発時刻

出発時刻の分布について図3.2.12に示す。平日においては、8時から11時までに出発するサンプルの割合が非常に多い。休日では、平日と比較して午後から来街するサンプルも多く、特に、14時から18時に出発したサンプルの割合が顕著に多い。

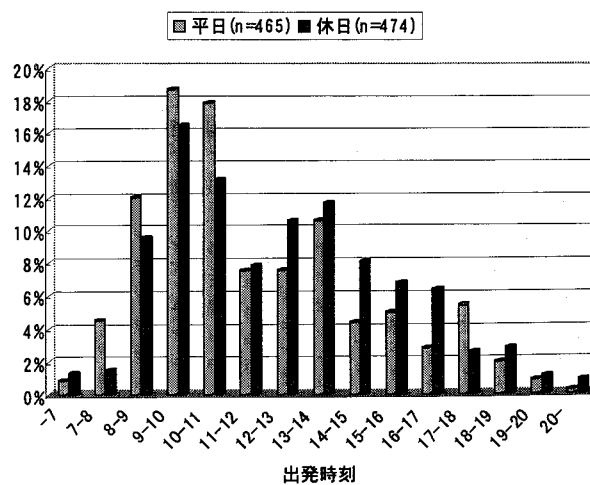


図 3.2.12 出発時刻

### ③ 駐車時間

駐車時間についての集計結果を図3.2.13に示す。平日においては2時間以内の駐車がほとんどであり全体の75%程度を占める。一方、休日においては、平日と比較してやや駐車時間が長い。特に、6時間以上という長時間にわたって駐車場を利用するサンプルが7%程度存在しているが、これらのサンプルは電車を利用して大阪および京都方面へ移動していた。

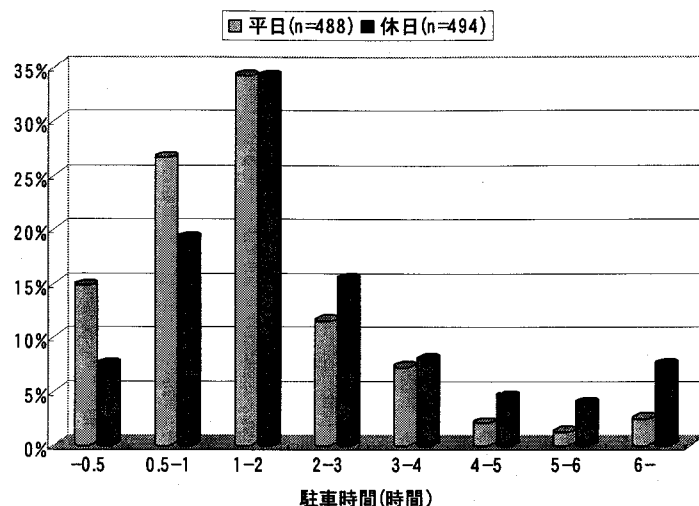


図 3.2.13 駐車時間の分布

### ④ トリップ目的

トリップ目的について集計した結果を図3.2.14に示す。平日・休日ともに最もサンプルの比率が大きかったのがショッピングであった。続いて、平日においては荷物を伴わない業務が、休日においてはレジャー、飲食の目的が多かった。

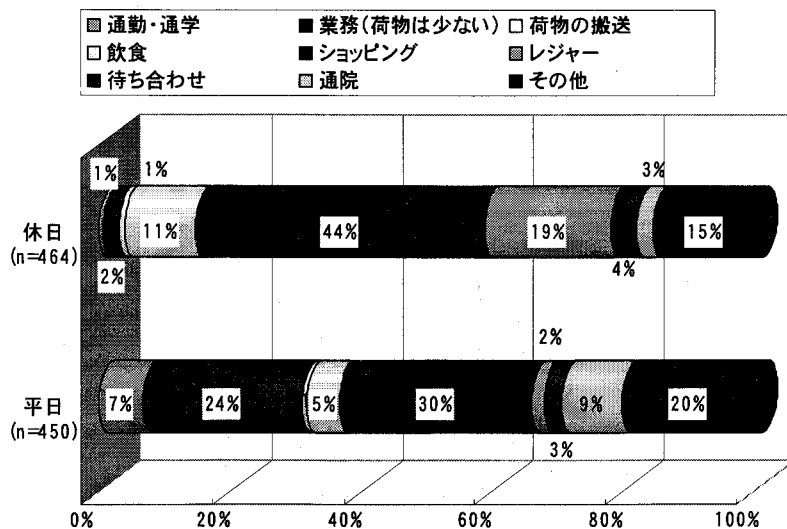


図 3.2.14 トリップ目的

### ⑤ 目的地の分布

目的地の分布を図3.2.15に示す。目的地は JR 茨木駅および阪急茨木市駅の周辺に集中していることがわかる。都心地域の中心を南北に流れる元茨木川の東西でサンプルを分類すると、阪急茨木市駅よりの東側地域に目的地を持つサンプルが全体の 70%を占めていた。目的地と駐車場の利用についての関係を把握するために、サンプルが回答した目的地を JR 東海道線以西、JR 東海道線～元茨木川、元茨木川～阪急京都線、阪急京都線以东、の 4 ブロックに分割し、それぞれのブロック内に目的地があるものごとに利用駐車場を集計したものが、図3.2.16である。JR 東海道線以西のブロックにおいては、JR 側の 2 つの駐車場（JR 茨木駅前、JR 茨木北）を利用しており、また JR 東海道線～元茨木川のブロックにおいては、サンプルのほとんどが中央公園駐車場を利用していることがわかる。元茨木川～阪急京都線および阪急京都線以东のブロックにおいては、中央公園駐車場および 3 つの阪急茨木市駅周辺の駐車場が利用されている。

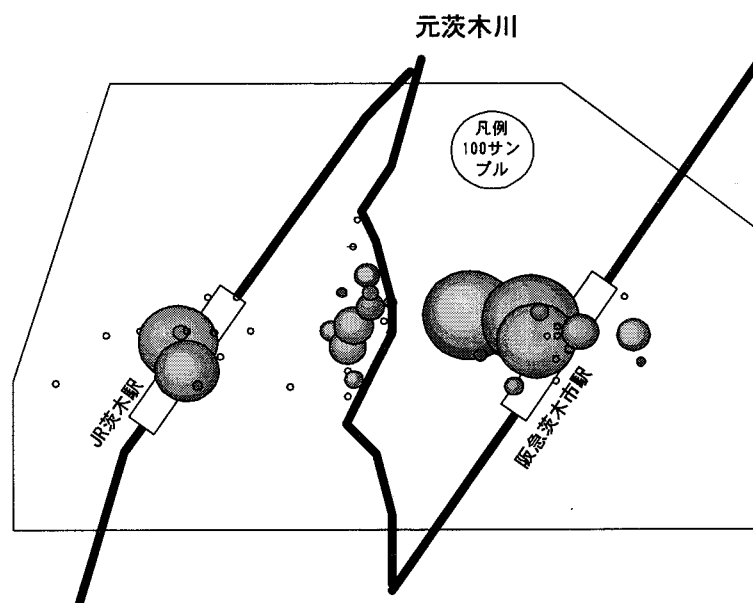


図 3.2.15 目的地の分布

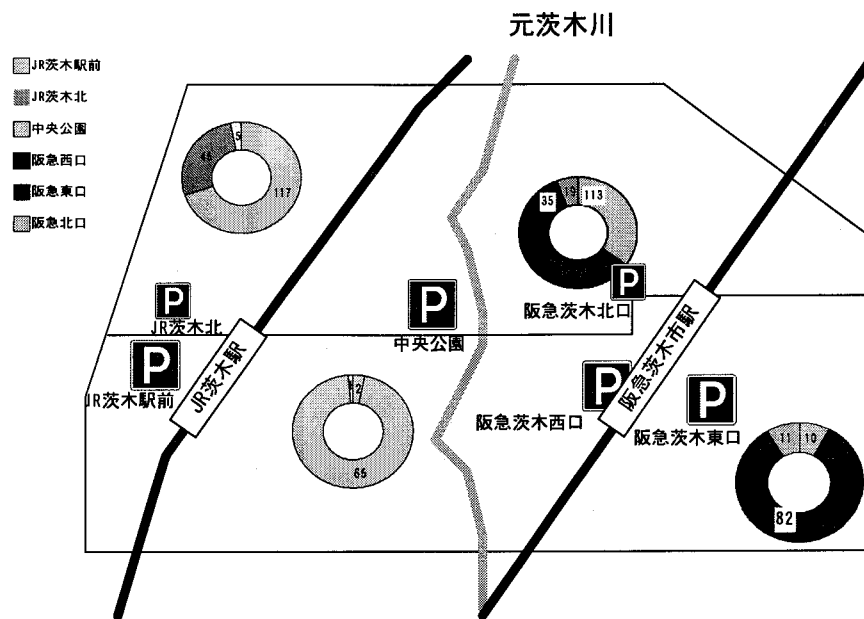


図 3.2.16 ブロックごとの利用駐車場の分布

以上の集計的考察より、茨木市において駐車場利用者は以下のような特徴を有していることが明らかとなった。

- 1) 平日・休日ともに自由目的で来街するドライバーが多い、
- 2) 駐車場利用者は車で来街頻度も高く、近隣の市町村からの来街がほとんどであるため、茨木市中心部の地理についてある程度の知識を持っていると考えられる、
- 3) 駐車場選択においては、徒歩距離が最も大きな要因である、
- 4) 利用を予定していた駐車場が満車である場合には、入庫待ち行列に並ぶドライバーが多いが、15分以上待たなければならない場合他の駐車場を探すドライバーが多い。平日と比較すると、休日に来街するドライバーの方がより長い入庫待ち時間を容認している、
- 5) JR 東海道線以西においては JR 側の 2 つの駐車場が、JR 東海道線と元茨木川の間では中央公園駐車場の利用がほとんどである。その一方で、元茨木川より東の地域においては、阪急茨木市駅周辺および中央公園駐車場の利用が多い。

上記の特性を踏まえながら駐車場案内情報の提供効果について分析を進めていくことにする。

### 3.3 集計的指標から見た駐車場案内情報の効果

茨木市駐車場パネル調査においては、PGI システムについて様々な質問を行っている。ここでは、それらの質問をもとに駐車場案内情報の利用が期待されるかどうかを集計的な指標から考察する。

#### 3.3.1 駐車場情報の利用意向と評価

「情報が必要であるかどうか」という問いに対する被験者の回答を集計したものが図 3.3.1 である。サンプルの 80% 以上が情報は必要と回答しており、駐車場情報に対するニーズは高い。

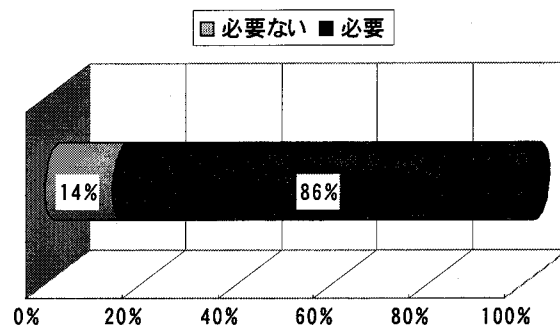


図 3.3.1 駐車場案内情報の必要性（第 1 回調査）

第 1 回調査において質問している、情報を受け取りたい位置についての質問についての集計結果を図 3.3.2 に示す。60% 程度が情報を茨木市周辺部で受け取りたい、という回答を行っており、市内の混雑している範囲ではなく都心地域に流入する以前に情報を受け取れることを望んでいる。加えて、家を出発する前に情報を受け取りたいと答えたサンプルも 30% ほど存在し、駐車場情報を pre-trip 情報として提供することも効果的であるといえる。

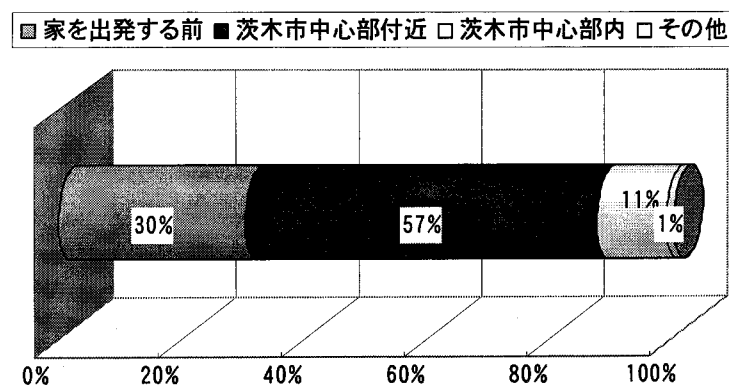


図 3.3.2 情報受け取り位置の希望

PGIシステム導入後の調査においては、普段からPGIシステムからの情報を利用するかどうかが、利用しない場合はその理由を聞いている。図3.3.3にPGIシステムの利用に関する第3回、第4回、第5回調査の集計結果を示す。第3回および第4回調査においては、文字式と地図式の利用について分類して質問しているが、第5回調査においてはまとめて質問している。図より、およそ60%のサンプルがPGIシステムを利用すると回答している。経時的な変化をみると、PGIシステム導入直後で60%、およそ2年後の第4回調査時で67%と若干利用率は上昇するが、約4年後の第5回調査時には59%と減少していることがわかる。地図式情報板と文字式情報板の利用について比較してみると、第3回調査時にはほとんど差はないが、第4回調査時には文字式のみを利用しているサンプルの割合が増加しており、情報提供が開始されてからある程度時間が経過すれば、文字による情報提供の方がドライバーにとって有効である可能性があるといえる。

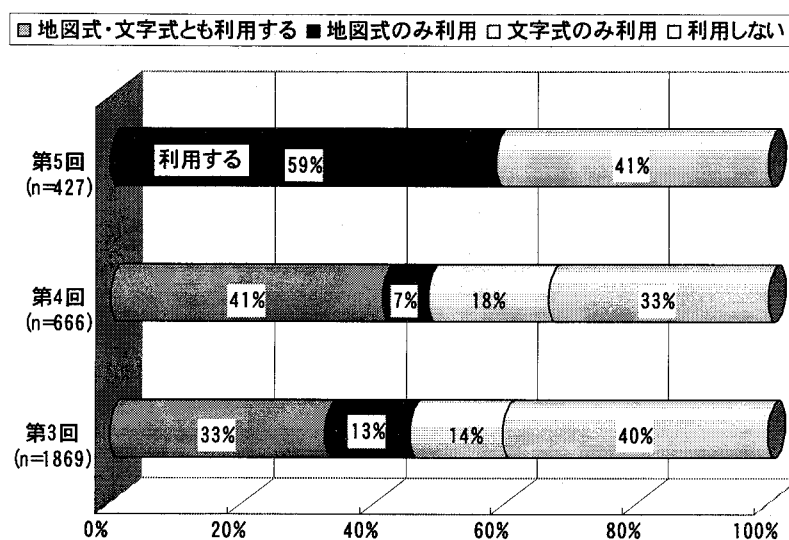


図 3.3.3 案内情報板の利用

駐車場情報を利用しないと回答したサンプルに対して、その理由についての質問を行った。集計結果を図3.3.4に示す。情報を参照しない理由として最も回答が多かったのが、「決まった駐車場しか使わない」というものであった。ただし、調査回が進むにつれてその比率は小さくなっており、情報提供が実施されることによってドライバーの選択性が向上したといえる。

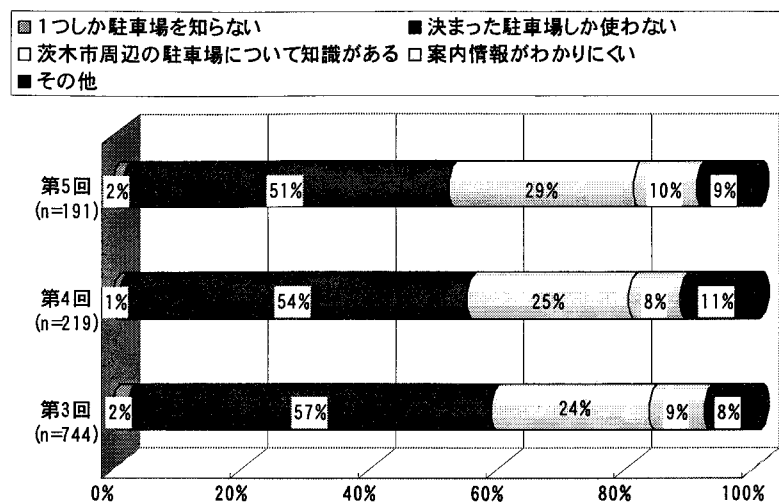


図 3.3.4 駐車場情報を利用しない理由

第3回および第4回調査において質問した、PGIシステムが役に立つかどうかの問いに関する集計結果を図3.3.5に示す。大変役に立つ、もしくは役に立つと回答したサンプルが全体の70%程度となっており、PGIシステムからの案内情報は駐車場利用者にとって、有益なものであることがわかる。また、第3回と第4回を比較すると、役に立つと答えたサンプルの比率が増加している。

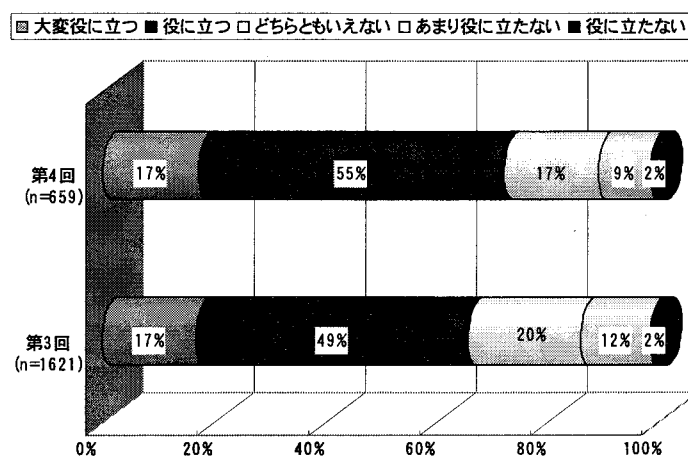


図 3.3.5 PGIシステムは役立つか

最後に、満空情報の他にどのような情報を被験者が望んでいるのかを検討する。この質問は、第1回、第3回、第5回のそれぞれの調査において質問している。図3.3.6に集計結果を示す。被験者は、現在の提供されている満空情報のみでは満足していないことがわかる。特に、満車時の入庫までの待ち時間情報の提供が望まれている。さらに、PGIシステム導入後の調査においては、周辺道路の混雑情報に対するニーズが顕著に高まっている。



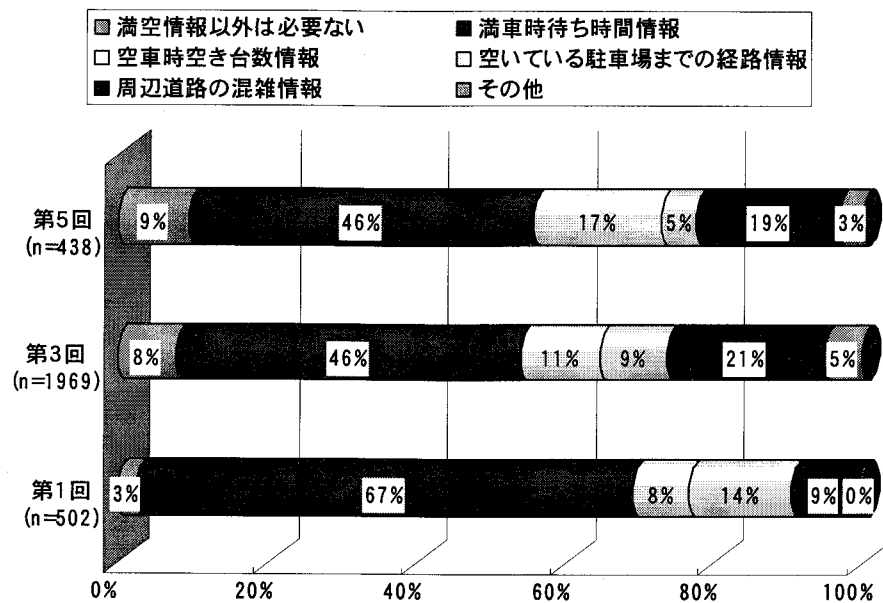


図 3.3.6 満空情報以外に提供を望む情報

### 3.3.2 駐車場利用状況の変化

第1回調査～第3回調査において得られたデータと、各駐車場において記録された駐車場利用状況データを用いて、駐車場案内情報の効果について集計的に分析を進める。茨木市で特に混雑が顕著である休日のデータを対象として分析を進めることにした。図3.3.7に各調査回における各駐車場の利用台数を示す。中央公園駐車場の利用が飛躍的に上昇していることがわかる。また、6駐車場の総利用台数は、第1回調査と比較して、第2回調査で約2.9%、第3回調査で約15.7%上昇していた。

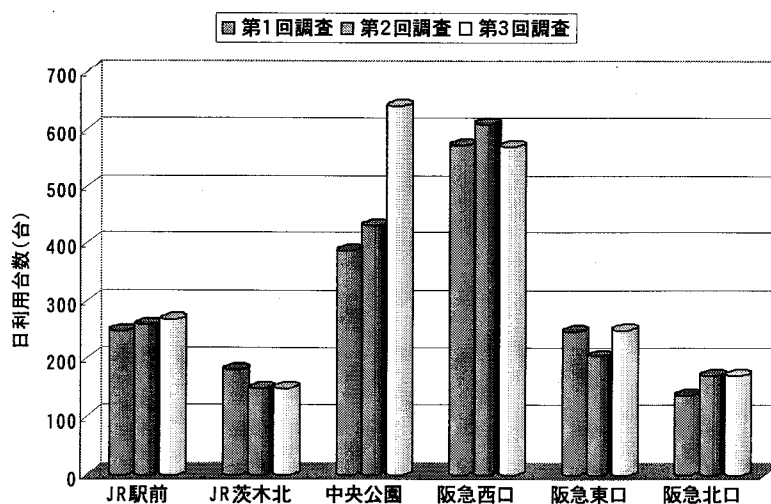


図 3.3.7 駐車場の日利用台数の推移（休日）

図3.3.8に、 $(1 \text{ 日に駐車した車両総数}) / (\text{駐車容量})$  で計算される回転率を示す。駐車情報提供前後の第2回調査と第3回調査の間で、中央公園駐車場の回転率が大きく増加し、他の駐車場ではほぼ増減はない。しかしながら、中央公園駐車場の回転率は第3回調査においても2程度であり、まだ余裕があることがわかる。

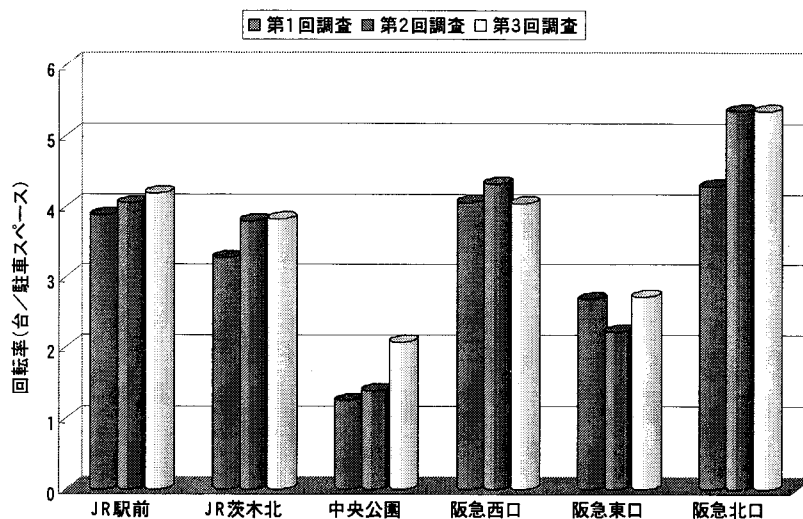


図3.3.8 回転率の推移 (休日)

図3.3.9に、 $(\text{全駐車車両の駐車時間の和}) / \{(\text{駐車場の営業時間}) \times (\text{駐車容量})\}$  で計算される占有率の計算結果を示す。各駐車場の占有率の平均値が調査を進めるにつれて上昇しており、より駐車場が効率的に利用されていることがうかがえる。特に中央公園駐車場においては、占有率が上昇しているものの、他の駐車場と比較するとその値は小さく、依然余裕があることがわかる。

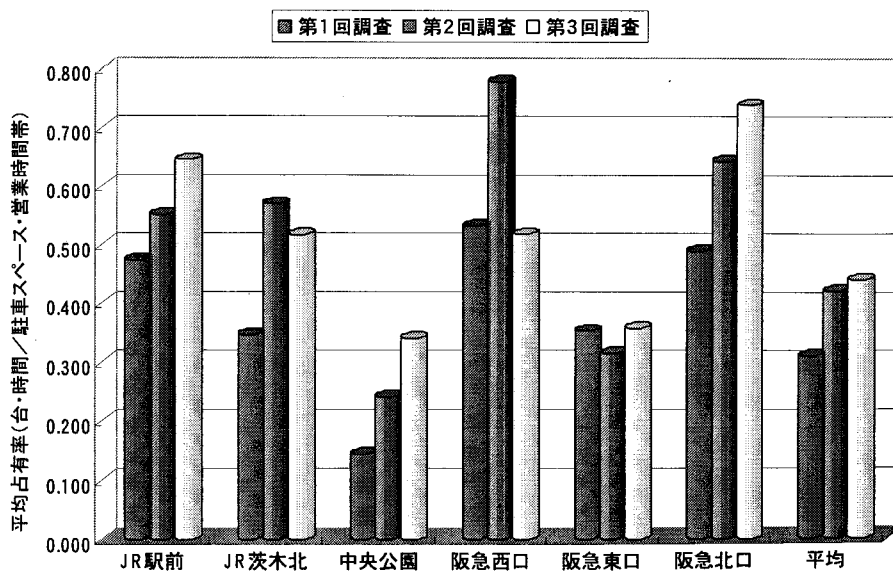


図3.3.9 占有率の推移 (休日)

アンケート調査において質問した入庫待ち時間の各駐車場の平均値を図3.3.10に示す。中央公園駐車場においてはほとんど待ち時間が生じていないこと、第1回調査から第2回調査の間で、特に阪急茨木市駅周辺の駐車場において入庫待ち時間の減少が顕著なことなどがわかる。これは、第1回調査時においては、供用開始されたばかりでありあまり利用されていなかった中央公園駐車場の利用が進んだためと考えられる。情報提供開始前後の第2回と第3回調査の間では待ち時間に大きな変動は見られないが、日利用台数が12.4%増加したにもかかわらず入庫待ち時間が増加していないことより、情報提供によってより効率的に駐車場が利用されていると考えられる。

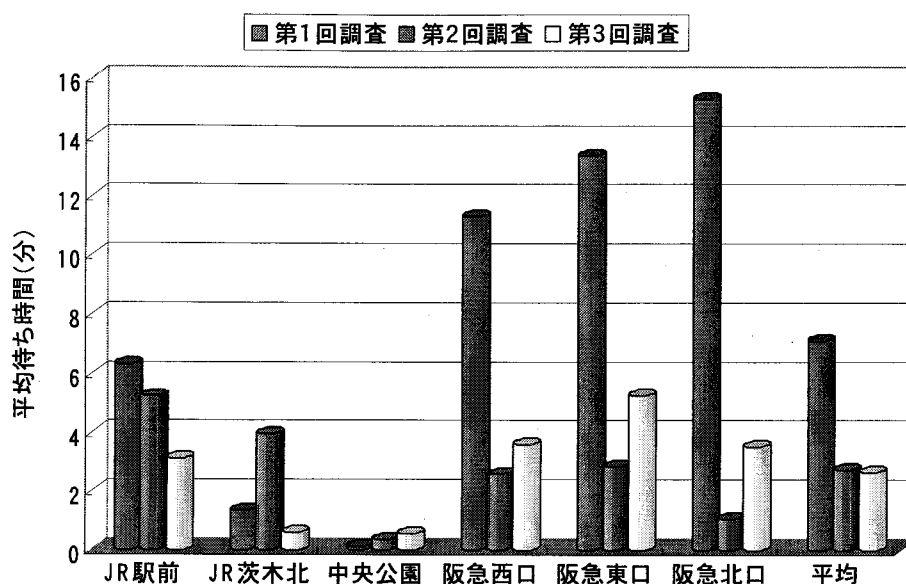


図3.3.10 平均入庫待ち時間の推移（休日）

### 3.3.3 駐車場情報取得後の行動変化

第3回パネル調査において質問した以下の項目を用いて、情報取得後の駐車場選択について考察を加える。

- ・ PGI システム稼働を認識しているか、
- ・ 普段から PGI システムを利用するか、
- ・ 調査当日案内板をみたか、
- ・ 案内板をみた際に、満空情報をみたか、
- ・ 利用した駐車場についての満空情報
- ・ 利用した駐車場は第一希望の駐車場であったか、
- ・ 第一希望の駐車場を利用していない場合、なぜ利用しなかったのか。

上記の項目を集計した結果を図3.3.11に示す。まず、PGI システムを認識しているかどうかの質問についてみると、95%程度のサンプルが知っていると回答しており、システムの認知度は高いことがわかる。次に、普段の行動として PGI システムを利用するか、と質

問したところ、PGI システムを認識しているもののうちのおよそ 60%が利用する、と回答している。多くのサンプルが日常的に PGI システムからの駐車場情報を参考に行っていることがわかる。一方、調査当日の行動として、案内情報板をみたかどうかを質問したところ、普段の行動としては参考にすると回答したもののうちの 60%であった。つまり、参考にすると回答していても、日によっては、案内情報板を参考にしない可能性がある。さらに、その中で情報板によって提示されている満空情報をみたかどうかについて質問したところ、当日案内情報板をみたサンプルのほとんどが満空情報をみたと回答している。なお、満空情報をみたサンプルの全体に占める割合はおよそ 30%であった。

実際利用した駐車場についての情報を集計した結果、満車という情報を受け取ったサンプルが 15%、空車という情報を受け取ったサンプルが 75%であった。ところで、アンケート調査において質問したのは、実際利用した駐車場に関する情報であり、元々利用する予定であった、すなわち、第一希望の駐車場についての情報ではない。したがって、第一希望の駐車場について満車という情報を受け取ったため、情報が空車であった駐車場を利用した場合、回答は「空車」となる。そのため、実際利用した駐車場の情報と、第一希望駐車場を利用したかどうかをクロス集計することによって、情報提供と利用駐車場変更の関連性について考察を進めることとした。集計の結果、第一希望駐車場を利用していないサンプルが 29 名、満車という情報を受け取りつつ駐車場を変更しなかったサンプルが 35 名存在することが明らかとなった。さらに、第一希望駐車場を利用しなかったサンプルに対して質問した、利用しなかった理由について集計したところ、17 サンプルが「案内情報をみて、満車であったため」と回答している。以上より、情報提供によって、第一希望であった駐車場について、満車を受け取ったサンプル 52 名のうち、35 名は利用駐車場を変更せず、残りの 17 名、およそ 30%のサンプルが利用駐車場を変更したことになる。

### 3.3.4 個人の駐車行動の経時変化

パネルデータを用いることによって、同一個人の行動変化の動的な分析が可能であることは先に述べた。ここでは、同一個人の回答を追跡することによって、駐車行動の経時変化について分析する。一連のパネル調査において継続的に回答を行っているサンプルとして、第 2 回窓口調査において調査に参加し、なおかつ第 3 回および第 5 回のパネル調査においても調査に参加した 265 名をベースとして、各質問について無回答であったサンプルを除いて分析を加える。なお、ここで考察する行動変化としては、1)利用駐車場、2)目的地までの距離、3)駐車場選択性の向上、の 3 点である。

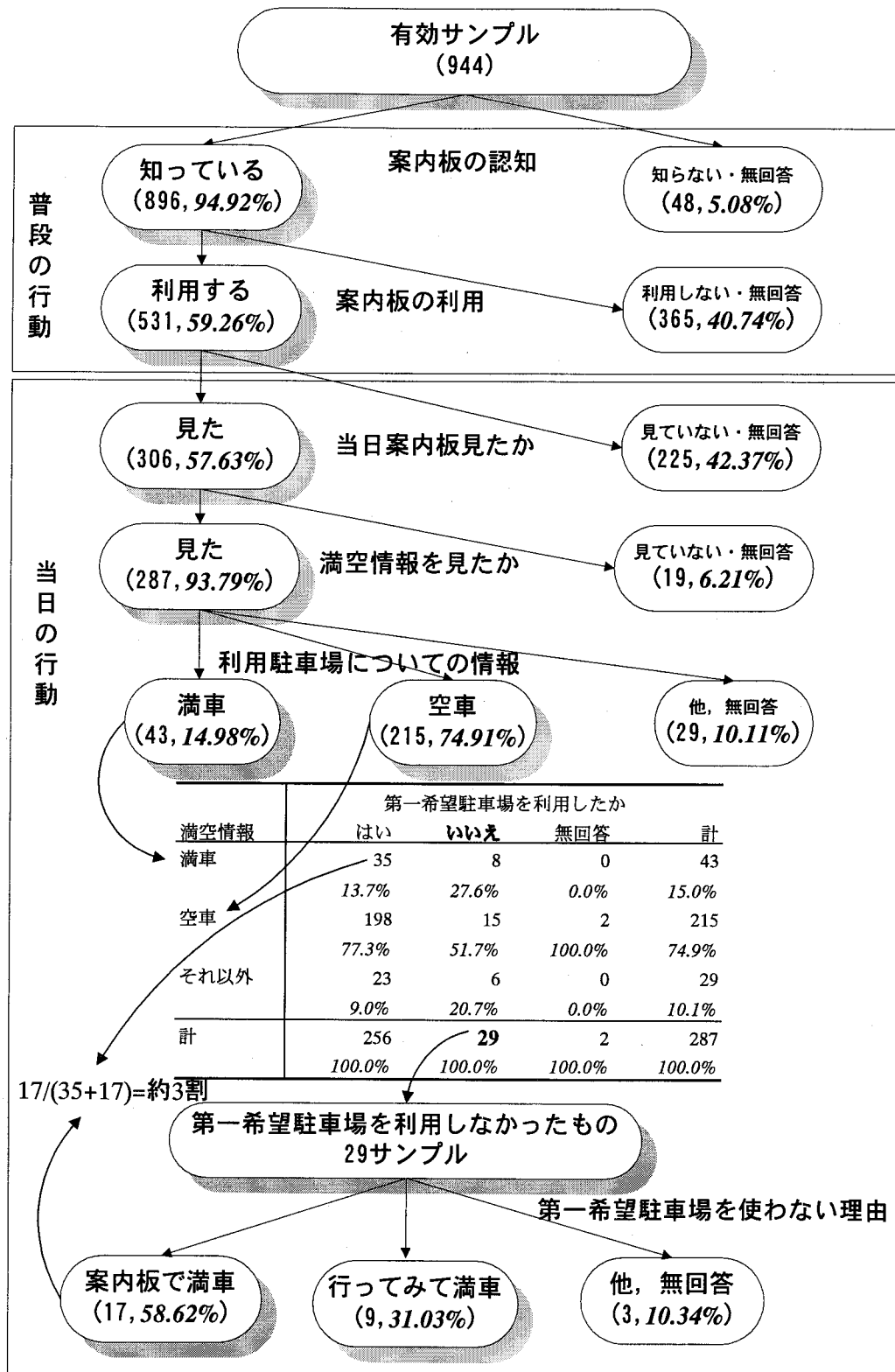


図 3.3.11 情報提供によるドライバーの即時的対応行動

a) 利用駐車場の推移

利用駐車場を決定する際に最も大きな要因として、目的地との位置関係があげられる。経時的な分析を行うためには、同一目的地を利用したサンプルのみを抽出し、その中での利用駐車場の推移をみることが必要であるが、茨木市における主たるトリップ目的は買い物などの自由行動であり、目的地が変化しないサンプルのみを抽出すると分析に耐えうるサンプル数を確保できなかった。したがって、全ての調査において目的地が元茨木川以東であるようなサンプルを抽出して集計し分析することとした。目的地が特定できないサンプル等を除去した結果、89 名が抽出された。表3.3.1に集計結果を示す。表中白抜き文字となっているセルが、3 回の調査を通じて利用した駐車場を変化しなかったサンプルであり、括弧内の割合は、第2回調査時の利用駐車場ごとに100%となるように計算したものである。3回の調査を通じて駐車場を利用しないサンプルが非常に多く、サンプルの多くは固定的に駐車場を利用するものと考えられる。固定的な利用が多い駐車場は、P3（中央公園駐車場）であった。この駐車場は、都心部からは少し離れているが、ほとんど混雑しない駐車場であるためと考えられる。

表 3.3.1 利用駐車場の時系列推移

第3回調査	第5回調査	第2回調査				総計
		P3	P4	P5	P6	
P3	P3	15(60%)			1(17%)	16
	P4	2(8%)		1(6%)		3
	P6				1(17%)	1
P4	P3		2(5%)	1(6%)		3
	P4		20(48%)	2(13%)		22
	P5		3(7%)			3
	その他		3(7%)			3
P5	P3	1(4%)		1(6%)		2
	P4		2(5%)	2(13%)		4
	P5		1(2%)	7(44%)		8
	P6	1(4%)				1
	その他	1(4%)	2(5%)			3
P6	P3	1(4%)	2(5%)			3
	P6		1(2%)		3(50%)	4
	その他				1(17%)	1
その他	P3	5(16%)				4
	P4		3(7%)	1(6%)		4
	P5		2(5%)			2
	その他		1(2%)	1(6%)		2
総計	サンプル数	25	42	16	6	89

※ 白抜きは3回の調査で駐車場を選択していないサンプル

b) 利用駐車場から目的地までの距離

分析に用いたサンプルは、3回の調査にわたって目的地と利用駐車場が明らかなものであり、140 サンプルが抽出された。駐車場と目的地の直線距離によって考察を行う。図3.3.12より、調査回が進むにつれて、サンプルの徒歩距離が増加していることがわかる。情報提

供が行われることによって駐車場の知識が蓄積され、より徒歩距離は長いが、待ち時間の短い駐車場の利用が促進されていることがうかがえる。

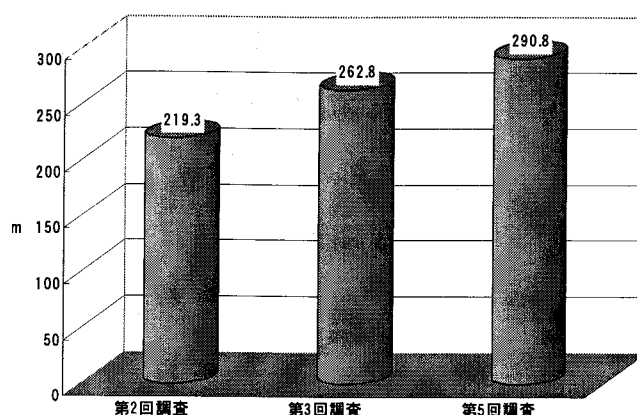


図 3.3.12 調査回ごとの徒歩距離の推移

#### c) 駐車場選択性の変化

第3回パネル調査では、地図を用いて茨木市中心部に位置する16の駐車場を、地図を用いて提示し、その中で、1)知っている駐車場、2)使ったことがある駐車場、3)今回の行動とトリップ目的および目的地が同じ際に利用しても良い駐車場、の3段階に分けて該当する駐車場を選択させた。その結果より認知駐車場数、利用経験のある駐車場数、同一目的及び目的地の際に利用可能性のある駐車場数の推移について分析する。ここでの質問方法は、それぞれの駐車場について3段階に分けて類似した質問を行うため、サンプルへの負荷が大きい。そのため、例えば、認知駐車場数が利用経験のある駐車場よりも少ない、調査回の中で認知駐車場数が減少する、といった論理矛盾をおこしているデータが多数存在した。さらに、パネル調査であり、第2回調査時点においてすでに駐車場の位置と名前を示した地図を配布していることなどによって、調査による学習も行われている可能性が十分ある。よって、ここでの分析はあくまでひとつの参考の結果として位置づけざるをえない。

ここでは、論理矛盾が生じていないサンプルのみを抽出して集計を行った。サンプル数は、最終的に37サンプルと非常に少なくなった。図3.3.13より、認知駐車場数、利用経験がある駐車場数、さらに、同一目的及び目的地の際に利用可能性のある駐車場数の全てにおいて増加の傾向がみられた。認知駐車場数と利用経験のある駐車場数については矛盾を含むデータを除去しているため、調査回が進むにつれて駐車場数は必ず増加する。しかしながら、同一目的及び目的地の際に利用可能性のある駐車場数については、同様の除去を行っていない。これより、第2回から第3回、第5回と調査が進むにつれて、ドライバーの選択する可能性のある駐車場数が増加しているということが出来る。第2回調査から第3回および第5回調査の間で発生した最も大きなインパクトはPGIシステムの供用開始であ

り、駐車場情報を提供することによって、ドライバーの駐車場に関する選択性が増加する可能性があることが示唆されたといえる。

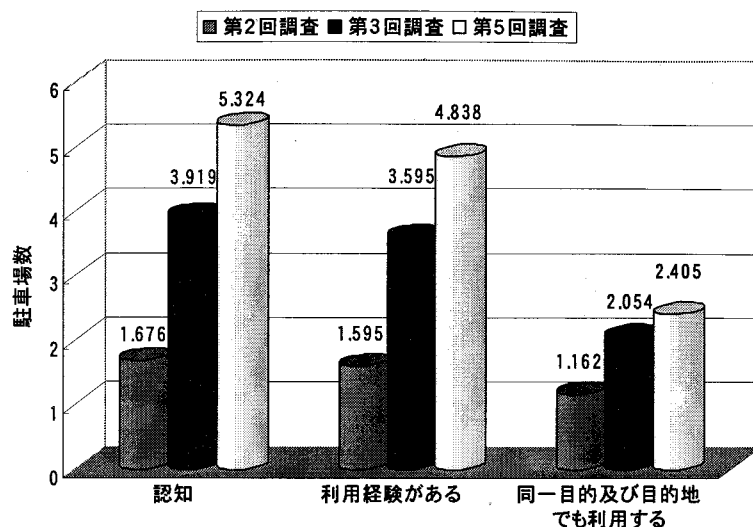


図 3.3.13 認知駐車場，利用経験のある駐車場数，同一目的及び目的地でも利用する駐車場数の推移

以上の分析より、利用駐車場から目的地までの徒歩距離の増加がみられ、ドライバーは各駐車場についてより知識を蓄積した可能性があること、駐車場情報提供を開始したことによって、駐車場選択の際の選択性が広がった可能性があることが明らかとなった。

### 3.4 駐車行動データを用いた情報提供効果のモデル分析

#### 3.4.1 サンプルアトリクションの修正

分析に用いるサンプルはパネル調査により得られたものであるため、様々なバイアスが生じている可能性がある。これら全てを除去することは難しいが、明らかにその問題点が指摘され、なおかつ修正方法が提案されているアトリクションバイアスについて修正を試みることにした。

##### a) 既往の研究

近年のパネル調査への注目の高まりにより、サンプルアトリクションを考慮する方法がいくつか提案されている。Kitamura et al.(1993)においては、サンプルアトリクションを参加・不参加行動モデルで表現することとし、プロビットモデルを用いて参加・不参加行動と交通機関選択の同時推定することによってアトリクションを考慮している。この研究においては、プロビットモデルを用いて分析を行っているため、誤差相関を考慮することが可能であるものの、推定の際には逐一積分計算を行う必要があるため、特に選択肢が非常に多い場合においては計算時間が長い。また、佐々木ら（1996）は、サンプルアトリクシ



ョンについては duration model を用いて表現し、さらに、多時点間の同一サンプルからのデータを利用することによって生じる系列相関についても考慮したモデルを提案している。このモデルにおいても、多時点の意思決定に及ぼすパラメータと、アトリッションを説明するパラメータを同時に推定しており、積分計算が必要になる。

上記のように、参加・不参加行動と行動選択を同時に推定するのではなく、それらの間の誤差項は独立であるとして個別に推定する、段階推定方法を用いた研究もいくつかみられる。Pendyala et al. (1993) は、アトリッションをプロビットモデルによる参加・不参加行動モデルで説明し、推定されたパラメータを用いて、各サンプルの参加・不参加確率を計算した。このモデルより計算される参加・不参加確率を利用して各サンプルの重みを計算し、WESML 推定量 (Ben-Akiva and Lerman, 1985) を利用して行動モデルの推定を行っている。また、杉恵ら (1993) は、アトリッションは、ロジットモデルを用いて推定し、得られた結果を用いてアトリッションに関する修正項 (選択肢固有ダミー変数) を用いて、行動モデルを推定している。

#### b) 本研究で用いる方法

アトリッションバイアスの修正方法は、1)同時推定か、段階推定か、2)アトリッションを離散選択モデルで表現するのか、duration model で表現するのか、3)段階推定を行う場合、アトリッションに関する修正項を用いるのか、WESML 推定量を利用するのか、の3つの観点で分類することができる。ここで、それぞれの観点について、どのようなモデル構造が本研究で対象としている駐車場選択を分析する際に適切かを検討する。まず段階推定を行うか同時推定を行うか、という点であるが、同時推定を行う際には、積分計算が必要となり、また積分計算の次数は選択肢が増加すればその分増加する。駐車場選択の際には多くの選択肢が存在するのが一般的であるため、同時推定を行うことは非常に困難であるといえる。次に、アトリッションを表現する際に、離散選択モデルを利用するか、duration model を利用するか、という点について検討を行う。duration model とは、生物における生存時間解析に基づく方法であり、ある一定の時間まで生存する確率を計算する方法である。この方法は、行動原理に基づくものではなく、マクロ分析的に参加・不参加行動をとらえたものといえる。一方、離散選択モデルは、参加・不参加行動を行動原理に基づき説明するモデルである。両者を比較した場合、最も問題となるのが、調査間隔の影響の考慮方法である。duration model においては、生存時間分布を様々な分布形として仮定することが可能であり、それらの中から最もあてはまりの良い分布を選択することができるため、調査間隔の影響については柔軟に設定することができる。それに対して、離散選択モデルにおいてはあくまで説明要因のひとつとして導入される。そのため、サンプルの消耗は必ずしも調査間隔の長さに比例するものではないため、調査間隔に対してどのような変換を行い、説明変数に組み入れるかについて注意が必要となる。以上より、特に 2 時点分のデータのみを利用して参加・不参加行動を検討する際には、行動理論を背景とする離散選択モデルの

適用が望ましいと考えられるが、複数の調査間隔が存在する場合においては調査間隔の影響をより詳細に分析可能な、duration modelを採用することが望ましいといえる。最後に、行動選択モデルにおいて WESML 推定量を利用するか、修正項を利用するかの問題であるが、本研究で用いるデータは選択肢別抽出により抽出されたデータであるため、選択肢別抽出に起因するデータバイアスを修正する必要がある。この方法として一般的であるのが WESML 推定量を用いた方法であることより、アトリッションについてもサンプルの重み付けによって対応することとした。

以上を踏まえ、本研究においては、以下のような方法でアトリッションを考慮することとした。

- ・ 段階推定法を適用する、
- ・ アトリッションモデルは duration model を利用して推定する、
- ・ 駐車場選択モデルとアトリッションモデルは個別に推定する、
- ・ アトリッションモデルによって推定された参加確率をもとに、サンプルの重みを計算し、さらに選択肢別抽出を考慮した重みを掛け合わせることによって、WESML 推定量を利用して行動モデルを推定する。

c) Duration model (大橋, 浜田, 1995; SAS Software, 1988)

Duration model とは、ある事象が発生するまでの期間を観測し、その期間の長短に影響を及ぼす要因を抽出するために用いられており、例えば医学における新薬の効果や、信頼性工学などに適用例が多い。まず、期間がゼロの場合においては生存確率が 1 ( $P_r(t=0)=1$ ) であり、期間が無限大である場合には生存確率が 0 ( $P_r(t=\infty)=0$ ) となるような生存時間分布を仮定して、その形状を決定づけるパラメータを生存時間に及ぼす影響があると考えられる各要因を用いて説明する。生存時間分布としては、加速モデル、ポアソン回帰モデル、比例ハザードモデルなどが利用されることが多い。分布形上を仮定しない、ノンパラメトリックな推定方法も提案されているが、ここでは生存時間分布を加速モデルに従うと仮定して最尤原理に基づいたパラメータ推定を行うこととした。

加速モデルにおいては、個体  $i$  の生存時間  $T_i$  は、基準個体の生存時間  $T_0$  に比例すると仮定し、この時の比例する程度 ( $\Phi(z_i)$ ) が属性に応じて変化するものとする。個体  $i$  の属性ベクトルを  $z_i$  とすると、個体  $i$  の生存時間は、以下のような式で書くことができる。

$$T_i = \Phi(z_i) \cdot T_0 \dots\dots\dots(3.4.1)$$

また、 $\Phi(z)$  について、次のような関数形を仮定する。

$$\Phi(z) = \exp(\beta^T \cdot z) \dots\dots\dots(3.4.2)$$

このとき、式(3.4.1)の両辺の対数をとると、次のように書くことができる。

$$\log T_i = \beta^T \cdot z_i + \log T_0 \dots\dots\dots(3.4.3)$$

以上より、ある属性  $k$  に関するパラメータ推定値  $\beta_k$  の値が正の場合、その属性は生存時間を増加させ、負の場合は減少させることがわかる。生存時間分布としては、ワイブル分布、対数正規分布、対数ロジスティック分布を指定できる。これらの分布は、位置のパラメータ  $\mu$  と、スケールのパラメータ  $\sigma$  によって表現される。今、 $\mu$ 、 $\sigma$  によって規定される基準分布関数を  $S_0(t)$  とおくと、ある個体  $i$  の生存時間分布関数は、以下のようになる。

$$\begin{aligned} S_i(t | \mathbf{z}_i) &= \Pr(T > t | \mathbf{z}_i) = \Pr(T_0 > \exp(-\boldsymbol{\beta}^T \cdot \mathbf{z}_i) \cdot t) \\ &= S_0(\exp(-\boldsymbol{\beta}^T \cdot \mathbf{z}_i) \cdot t) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(3.4.4)$$

この生存時間分布を用いて、サンプルからの脱落が発生する累積分布関数を計算することができる。今、時点  $t$  までに消耗が発生する確率を  $F(t)$  をすると、次のように書くことができる。

$$F(t) = 1 - S(t) \quad \dots\dots\dots(3.4.5)$$

ここで対象としているパネル調査は、連続的に被験者を観測しているわけではなく、断続的な時間断面においての観測値である。そのため、例えば、調査開始後から  $t_k$  時点経過した  $k$  回目の調査においては参加していたサンプルが  $t_{k+1}$  時点には不参加であった場合、このサンプルは期間  $(t_k, t_{k+1})$  の間で脱落した、と考える必要がある。さらに、最終時点での調査において参加していたサンプルがいつ脱落するかは明らかではない。このような事象は、打ち切りと呼ばれ、各サンプルの消耗が発生した時点を挟む区間によって表現することができる。図3.4.1に打ち切りの考え方と、パネル調査における打ち切りの発生例を示す。このように、パネル調査においては、全てのデータが様々なタイプの打ち切りに分類される。

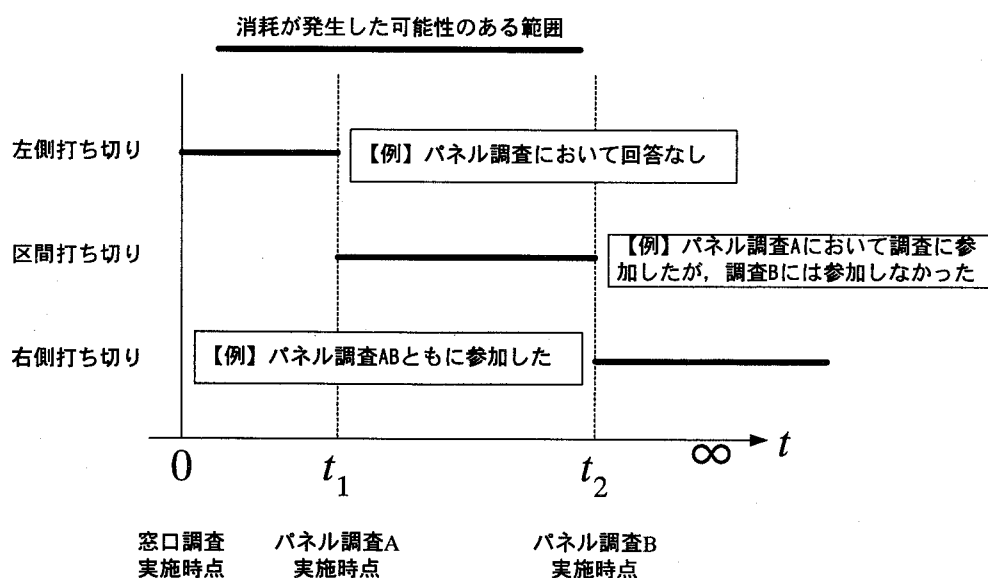


図 3.4.1 打ち切りの考え方

例えば、図 3.4.1における区間打ち切りが生じたサンプルについて考えてみる。このサンプルは時点  $t_1$  においては調査に参加していることが確認されているが、時点  $t_2$  には調査に参加していないため、脱落していることになる。時点  $t_1$  から  $t_2$  に脱落する確率は、 $F(t_2) - F(t_1)$  で表される。同様に、右側打ち切りについては、 $1 - F(t_2)$ 、左側打ち切りでは  $F(t_1) - 1$  と書くことができる。これより、各サンプルの属性値  $\mathbf{z}_i$  が与えられれば、最尤法を用いて  $\beta, \mu, \sigma$  を推定することが可能となる。推定計算に際しては、市販の統計パッケージ SAS (Statistical Analysis System) の LIFEREG プロシジャを利用した。

#### d) 推定に用いたデータ

アトリションモデルの推定には、第 1 回～第 4 回調査において調査に参加、もしくは脱落したサンプルを対象とした。それらのサンプルの参加・不参加状況を図3.4.2に示す。それぞれの調査間の時間間隔は、第 1 回調査～第 2 回調査、第 2 回～第 3 回、第 3 回～第 4 回、それぞれ、26 ヶ月、9 ヶ月、21 ヶ月である。第 1～3 回の調査において、窓口調査を行っているため、各調査を開始時点とするサンプルが存在する。さらに、第 4 回パネル調査時には、第 2 回調査のサンプルからおよそ半数を無作為に抽出している。これらより、様々な打ち切り状況を持ったサンプルが存在することになる。生存時間が最も短いサンプルが、第 2 回調査に参加し、第 3 回パネル調査で参加しなかったサンプルであり、観測開始から 9 ヶ月のうちに脱落した 392 名である。一方、最も生存時間が長いサンプルが、第 1 回調査から参加し、第 3 回、第 4 回のパネル調査にも参加した 180 名となる。最終的に、サンプルは、最も期間の長いものから短いものまで合計 10 のグループに分類される。これらのグループの内訳を表3.3.2に示す。

サンプルの生存確率を説明する要因として、ここでは主として個人属性を用いることとした。具体的に説明要因候補とした個人属性は、性別、窓口調査実施時の年齢、職業である。さらに、調査開始時点、つまり、初めて調査に参加した時点が異なれば、その後の参加意向にも影響を及ぼすと考え、調査回ダミー変数を導入することとした。推定に用いたサンプルは、調査に参加した合計 2,773 名のうち、パネル調査として成立しない、第 3 回調査から参加したが、第 4 回調査において調査対象とならなかったサンプルを除き、なおかつ説明要因とした個人属性についての回答に不備のないサンプルであり、1,756 名となった。



いては、男性に関するパラメータに対する  $t$  値が有意水準 5%では非有意となっており、性別は、参加不参加確率に大きな影響を及ぼしていないことがわかる。年齢については、比較対象となる 50 代以上に比べて 20 代以下のサンプルに対するパラメータ推定値が大きく、また  $t$  値よりこのパラメータは有意水準 5%で有意である。よって、20 歳代以下のサンプルはより不参加となりやすいことがわかる。職業については、主婦、学生、無職といった、ある程度行動時間に自由度の高いサンプルについてのパラメータ推定値が有意となっている。最後に、調査開始時点ダミー変数であるが、第 3 回調査から参加したサンプルと比較して、第 1 回調査において得られたサンプルは参加を継続する確率が高く、第 2 回調査から得られたサンプルは脱落しやすいことがわかる。これら 2 つの調査開始時点ダミー変数は、どちらも有意水準 5%で有意である。

以上の分析より、サンプルのアトリッションを精度良く説明するモデルが推定できた。このモデルより計算される残留確率を用いてサンプルを重み付けすることによって、サンプルアトリッションを修正することとする。なお、ここで推定したモデルにおいては、調査開始時点という、移転性の無いパラメータが存在する。そのため、このモデルは、他の調査に流用可能な汎用性の高いモデルとはなっていないが、この調査から得られたデータに対して適用することには問題はないと考えられる。

表 3.3.3 アトリッションモデルの推定結果

説明変数	カテゴリー	パラメータ	$t$ 値
性別	男	-0.0160	-0.5561
年齢	20 代以下	-0.1751	-5.1350
	30 代, 40 代	-0.0368	-1.3405
職業	建設業, 製造業	0.0408	0.9539
	卸売小売業, 金融保険業, 運輸通信業, サービス業, 不動産業	0.0552	1.3457
	公務員, 教育関係, 医療関係	0.0795	1.6783
	主婦, 学生, 無職	0.0941	2.1714
調査開始時点	第 1 回	0.4130	13.2150
	第 2 回	-0.1390	-4.4677
分布 パラメータ	$\lambda$	0.0028	
	$\gamma$	1.9677	
統計量	$L(\theta)$		-1541.0760
	$L(0)$		-1651.7692
	$-2 (L(0) - L(\theta))$		221.3866
	参考値 ( $\chi^2$ 値 (自由度 9))		19.02

※ 斜体は 5%で非有意であることを示す

ワイブル分布は、 $S(t)=\exp(-\lambda \cdot t^r)$ と仮定

### 3.4.2 利用予定駐車場の選択

ドライバーの駐車行動における要因の抽出とその重みの比較を目的として、出発地における利用予定駐車場選択のモデル化を試みる。なお、本章で仮定している駐車行動は、図

3.4.1で示すとおりである。ドライバーはまず出発地において利用予定駐車場を選択する。情報提供が実施されていない場合には、そのまま利用予定駐車場を利用するが、情報提供が実施されている場合には、案内情報を用いて駐車場の利用を再考すると仮定している。ドライバーは、合理的な選択を行っているものとし、ランダム効用理論の離散選択モデルのひとつである、ロジットモデル (Ben-Akiva and Lerman, 1985) を用いて推定を行う。また、調査時における選択肢別抽出によるバイアスと、サンプルのアトリッションバイアスを考慮するために、WESML 推定量を利用する。ここでは、第2回窓口調査をPGIシステム導入前の行動とし、第3回パネル調査をシステム導入後の駐車行動と位置づけて比較する。ここで明らかにしたいことは、情報提供が開始された前後において、出発地における利用予定駐車場選択における判断基準が変化しているかどうかである。出発地における駐車場の選択に際しては、情報提供が開始された後でも駐車情報を受け取ることができない。よって、この選択行動に差異があるならば、それは情報を受けたことによる学習効果と位置づけることができる。

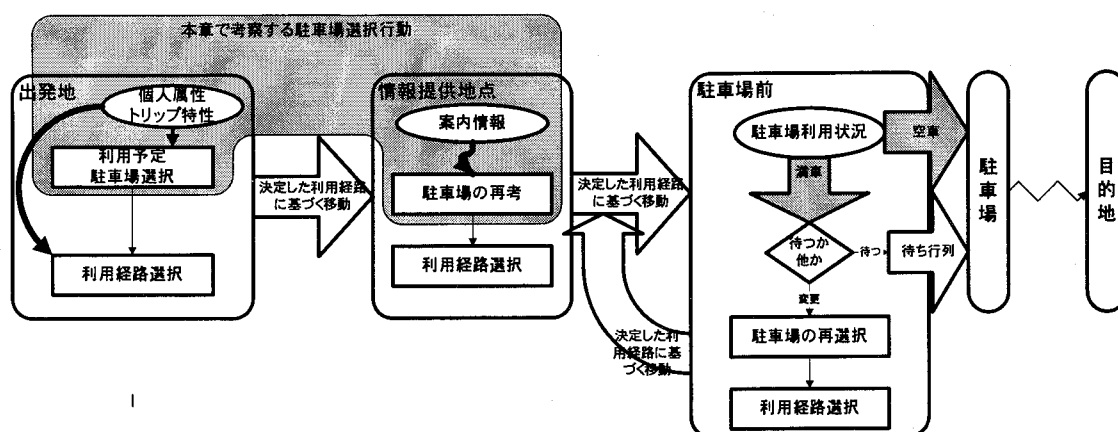


図 3.4.1 駐車行動の仮定

#### a) WESML 推定量

WESML 推定量とは、選択肢別に抽出されたサンプルに対して、サンプルシェアが母集団シェアと異なる際に修正するために利用される。WESML 推定量は、以下の対数尤度関数を最大化することによって求めることができる。

$$L^*(\theta) = \sum_{g=1}^G \sum_{n=1}^{N_g} \sum_{i \in A_n} \delta_{in} w(g) \ln P(i | X_n, \theta) \dots\dots\dots (3.3.1)$$

ここで、

- $G$  : 選択肢数,
- $N_g$  : 選択肢  $g$  から得られたサンプルの数,

$A_n$  : サンプル  $n$  の利用可能選択肢集合,  
 $w(g)$  : 選択肢  $g$  の重みであり,  $w(g)=Q(g)/H(g)$  で求められる,  
 $Q(g)$  : 選択肢  $g$  の母集団シェア,  
 $H(g)$  : 選択肢  $g$  のサンプルシェア,  
 $\delta_{in}$  : サンプル  $n$  が選択肢  $i$  を選択していれば 1, そうでなければ 0 をとる変数,  
 $X_n$  : サンプル  $n$  の駐車場選択に関する属性ベクトル,  
 $\theta$  : 未知パラメータベクトル,  
 $P(i|X_n, \theta)$  : 属性  $X_n$ , パラメータ  $\theta$  のもとで, サンプル  $n$  が選択肢  $i$  を選択する確率,  
 である.

上記が選択肢別抽出を行った際のバイアスの修正法であるが, ここではさらに, サンプルごとのアトリッションバイアスの修正を行う. そのために, 各サンプルの重み  $w(n)$  を次のように定義する.

$$w'(n) = w(g_n) \times \frac{\alpha}{S(t, Z_n)} \dots\dots\dots (3.3.2)$$

ここで,

$t$  : 調査開始時点からの経過時間,  
 $g_n$  : サンプル  $n$  の属するグループ,  
 $Z_n$  : サンプル  $n$  のアトリッションに関する属性ベクトル,  
 $S(t, Z_n)$  : 属性  $Z_n$  のサンプルが調査開始から  $t$  時点において残留している確率,  
 $\alpha$  :  $\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N w'(n) = 1$  を満たすための補正パラメータ,

である.

$w(g)$  を, 式(3.3.1)の  $w(g)$  の代わりに用いることによって, 選択肢別抽出に関するバイアスと, アトリッションに関するバイアスを同時に考慮することが可能となる. パラメータ  $\alpha$  は, アトリッションを考慮する場合と考慮しない場合において, 尤度のスケールが同じとなるように補正するために導入している.

#### b) 推定に用いたデータ

茨木市の特性分析より, JR 茨木駅周辺を目的地とする場合と, 阪急茨木市駅周辺を目的地とする場合では, 利用する駐車場が大きく異なることが明らかとなった. JR 茨木駅周辺においては, JR 駅前駐車場と JR 北駐車場の 2 ヶ所の利用がほとんどであった. また, JR 東海道線から元茨木川までの地域に目的地があるサンプルのほとんどが中央公園駐車場を利用している. 以上より, ここでは元茨木川以東の阪急茨木市駅周辺に目的地を持つサンプルを分析対象とした. さらに, サンプルが他の駐車場を選択する可能性がある必要があるため, 自分が利用した駐車場以外の駐車場を認知しているもののみを抽出している.



一般的に、駐車行動は平日と休日では大きく異なることが考えられる。これは、3.2における集計においても随所にみられた。そのため、平日・休日は分類してモデル化を試みる必要がある。一方、茨木市における調査はパネルサンプルであるため、窓口調査においては平日に回答したものの、パネル調査においては休日に回答したサンプル、あるいはその逆のサンプルが存在する。また、窓口調査は市営の駐車場のみで行われているが、パネル調査においては他の民営駐車場を利用しているサンプルも何人か存在する。そのため、第2回窓口調査および第3回パネル調査においてどちらも市営の駐車場を利用し、なおかつ窓口調査において記入した曜日とパネル調査において記入した曜日が同じサンプルは非常に少ない。したがって、分析に耐えうるデータを収集するために、第2回窓口調査と第3回パネル調査を明示的に関連づけない、すなわち、情報提供前の駐車場選択モデルと情報取得後の駐車場選択モデルにおいて異なるサンプルが存在することを認めてサンプル抽出を行った。この結果、第2回窓口調査においては、平日、休日、それぞれ、133、130サンプルが抽出され、第3回パネル調査においては、平日、休日、それぞれ、139サンプル、129サンプルが抽出された。なお、このようにパネル調査時点における分析対象サンプルに第1回窓口調査により抽出されたサンプルが含まれるため、これらのサンプルに対しては第1回窓口調査におけるサンプルシェアに基づいて重みを修正する必要がある。表3.4.1に、窓口調査時の各駐車場の日利用台数、母集団シェア及びサンプル数、サンプルシェアを示す。情報提供開始前の出発地における駐車場選択モデルの推定では、窓口調査によって得られたサンプルであるため、選択肢別抽出法に起因するバイアスのみを修正すればよい。表中の左側がその際のウェイトを示しており、母集団シェアおよびサンプルシェアは平日・休日ごとに和が1となっている。情報提供開始後の第3回パネル調査においては、第1回、第2回窓口調査の平日・休日ごとの日利用台数と、サンプルのシェアによって重みを計算する必要がある。その計算結果を示したものが表の右側となっている。情報提供開始後の出発地における駐車場選択モデルにおいては、この表に示された重みに、3.4.1で推定されたアトリションモデルから推定される重みを乗じ、式(3.3.2)に示した計算式に従って重みの総和を1に正規化したものをを用いている。

#### c) 推定結果の考察

##### ① バイアス修正有無による推定結果の違い

表3.4.2に、平日の情報提供開始後の出発地における利用予定駐車場選択モデル推定結果を示す。表中のパラメータ及び $t$ 値について斜体で示しているのは有意水準5%で非有意となった説明要因である。平日の推定における説明変数は、駐車場から目的地までの距離と、都心部流入からの右折回数、信号交差点数、および入出庫のしやすさの5段階評価値の4変数である。都心部流入からの右折回数及び信号交差点数は、都心部に流入してくる地点から各駐車場までの経路のアクセスのしやすさを示す指標として用いた。これらの説明変数については、サンプルが各流入地点から駐車場への利用経路として地図に記入したもの

のうち、最もサンプル数が多かった経路を代表経路とし、その経路についての値を利用している。入出庫のしやすさの 5 段階評価値とは、認知している駐車場についての入出庫のしやすさについての 5 段階評価値であり、5 段階の評価に対して悪い順に 1~5 の値として説明変数としている。そのため、パラメータ推定値は正となっていることが期待される。推定結果より、アトリッションバイアス考慮の有無で、有意な説明変数群が異なっていることがわかる。アトリッションバイアスを考慮する場合では都心部流入地点からの信号交差点数が有意な変数となっており、入出庫のしやすさについては非有意となっているが、バイアスを考慮しなかった場合にはその逆となっている。また、都心部流入地点からの右折回数のパラメータ推定値を見ると、バイアスを考慮する、しないでその値が大きく異なっている。

次に、休日についての推定結果を考察する。表3.4.3に、休日の情報提供開始後の出発地における利用予定駐車場選択モデル推定結果を示す。説明変数は平日の推定結果に示した 4 変数に加えて、駐車場の混雑程度の 5 段階評価値を用いた。表 3.4.3をみると、アトリッションバイアスを考慮しない場合では非有意となる混雑程度が、バイアスを考慮することによって有意となっていることがわかる。また、目的地までの距離のパラメータ推定値も大きく異なっている。

以上のように、選択肢別の抽出およびサンプルアトリッションに起因するバイアスを考慮することによって、推定結果が異なることが確認された。そのため、以後の考察においては、バイアスを考慮したモデルによる推定結果を通じて考察を加えることにする。

表3.4.1 サンプルの選択肢別抽出に起因する重み

調査 曜日	記入 曜日	駐車場 調査日 利用台数	情報提供開始前の出発地における利用予 定駐車場選択モデルのための重み算定						情報提供開始後の出発地における利用予定駐車場選択モデルのための重み算定					
			平日			休日			平日			休日		
			母集団 シェア	サンプル 数	サンプル シェア	w(g)	母集団 シェア	サンプル 数	サンプル シェア	w(g)	母集団 シェア	サンプル 数	サンプル シェア	w(g)
第1回調査	平日	JR駅前	-	297			0.040	1	0.007	5.514	0.042	1	0.008	5.476
		JR北	-	235			0.031	1	0.007	4.363	0.034	1	0.008	4.333
		中央公園	0.334	322			0.043	11	0.079	0.543	0.046	3	0.023	1.979
		阪急西口	0.429	674			0.090	13	0.094	0.963	0.096	13	0.101	0.956
		阪急東口	0.114	260			0.035	14	0.101	0.345	0.037	3	0.023	1.598
	休日	阪急北口	0.123	175			0.023	4	0.029	0.812	0.025	1	0.008	3.226
		JR駅前	-	248			0.033	5	0.036	0.921	0.035	3	0.023	1.524
		JR北	-	180			0.024	2	0.014	1.671	-	0	-	-
		中央公園	0.334	387			0.052	3	0.022	2.395	0.055	13	0.101	0.549
		阪急西口	0.429	572			0.076	2	0.014	5.310	0.082	11	0.085	0.959
第2回調査	平日	阪急東口	0.114	247			0.033	5	0.036	0.917	0.035	9	0.070	0.506
		阪急北口	0.123	137			0.018	2	0.014	1.272	0.020	1	0.008	2.526
		JR駅前	-	310			0.041	2	0.014	2.878	-	0	-	-
		JR北	-	160			-	0	0.000	-	-	0	-	-
		中央公園	0.334	541			0.072	18	0.129	0.558	0.077	8	0.062	1.247
	休日	阪急西口	0.429	695			0.093	23	0.165	0.561	0.099	7	0.054	1.830
		阪急東口	0.114	184			0.025	8	0.058	0.427	0.026	2	0.016	1.696
		阪急北口	0.123	200			0.027	3	0.022	1.238	0.029	1	0.008	3.687
		JR駅前	-	259			0.035	3	0.022	1.603	0.037	5	0.039	0.955
		JR北	-	148			0.020	1	0.007	2.748	0.021	3	0.023	0.910
		中央公園	0.304	431			0.058	6	0.043	1.334	0.062	14	0.109	0.568
		阪急西口	0.430	609			0.081	4	0.029	2.827	0.087	20	0.155	0.561
		阪急東口	0.145	205			0.027	7	0.050	0.544	0.029	8	0.062	0.472
		阪急北口	0.121	171			0.023	1	0.007	3.175	0.024	2	0.016	1.576

表 3.4.2 平日における情報提供開始後の出発地における利用予定駐車場選択モデル

	サンプルアトリッション及び選択肢別抽出のバイアスを考慮		選択肢別抽出のバイアスのみ考慮		サンプルアトリッションのみ考慮		バイアスを考慮しない	
	Parameter	t-value	Parameter	t-value	Parameter	t-value	Parameter	t-value
駐車場から目的地までの距離(10m)	-0.036	-4.232	-0.036	-4.904	-0.040	-4.842	-0.041	-5.264
都心部流入地点からの右折回数	-0.452	-3.173	-0.460	-3.049	-0.362	-2.628	-0.292	-2.018
都心部流入地点からの信号交差点数	-0.188	-3.566	-0.106	-1.950	-0.141	-2.665	-0.091	-1.710
入出庫のしやすさ(5段階評価)	0.041	0.450	0.388	3.597	0.178	1.893	0.426	4.023
サンプル数		139		139		139		139
Lmax		-117.081		-115.972		-116.402		-114.243
Lzero		-142.716		-141.913		-140.157		-141.705
-2(Lzero-Lmax)		51.271		51.881		47.510		54.925
的中率		0.683		0.734		0.704		0.729
尤度比		0.180		0.183		0.169		0.194
修正尤度比		0.167		0.170		0.156		0.181

表 3.4.3 休日における情報提供開始後の出発地における利用予定駐車場選択モデル

	サンプルアトリッション及び選択肢別抽出のバイアスを考慮		選択肢別抽出のバイアスのみ考慮		サンプルアトリッションのみ考慮		バイアスを考慮しない	
	Parameter	t-value	Parameter	t-value	Parameter	t-value	Parameter	t-value
駐車場から目的地までの距離(10m)	-0.113	-6.308	-0.082	-6.116	-0.091	-5.961	-0.063	-5.725
都心部流入地点からの右折回数	-1.167	-4.580	-0.961	-4.286	-1.214	-5.049	-0.946	-4.452
都心部流入地点からの信号交差点数	-0.045	-0.516	-0.010	-0.142	-0.089	-1.091	-0.074	-1.100
入出庫のしやすさ(5段階評価)	0.747	3.407	0.681	3.458	0.757	3.747	0.680	3.720
混雑具合(5段階評価)	0.751	3.782	0.458	2.813	0.483	2.676	0.248	1.640
サンプル数		129		129		129		129
Lmax		-56.790		-72.910		-62.770		-75.799
Lzero		-123.692		-124.940		-128.436		-126.678
-2(Lzero-Lmax)		133.806		104.059		131.332		101.758
的中率		0.820		0.820		0.809		0.809
尤度比		0.541		0.416		0.511		0.402
修正尤度比		0.533		0.406		0.503		0.391

## ② 情報提供開始前後の出発地における利用予定駐車場選択の比較

表3.4.4に平日の情報提供開始前後の出発地における駐車場選択モデル推定結果を示す。ここでは、情報提供開始前後のモデル推定結果の比較を試みることを目的としているため、両モデルで用いたパラメータは同一のものとしている。また、情報提供開始前の推定に際しては、選択肢別抽出に関する重み修正を行い、情報提供開始後は、選択肢別抽出に関する修正に加えてアトリッションに起因する修正を行っている。平日の推定結果を見ると、情報提供開始前においては有意なパラメータであった入出庫のしやすさが提供開始後では非有意となっている。表の右端に示している $t$ 値は、それぞれのパラメータ推定値が同じであるという帰無仮説に基づく $t$ 検定に関する結果を示しており、斜体は有意水準5%で非有意を示している。この検定は、情報提供前後で誤差項の分散が変化しないという仮定に基づく検定結果といえる。目的地までの距離及び入出庫のしやすさに関するパラメータ推定

値は有意水準 5%で有意であり，これらの説明要因が選択に及ぼす影響が情報提供開始前後で変化しているといえる．表の右端に示しているモデル間の  $\chi^2$  値は，情報提供開始前後のサンプルをプーリングして推定したモデルと，情報提供開始前後を個別のパラメータより推定したモデルとの差異を検定するものである．自由度 5，有意水準 5%の  $\chi^2$  値は 11.071 であり，情報提供開始前後の選択モデルは，有意差が認められる．よって，情報提供開始前後の利用駐車場選択行動は異なっている可能性が高いといえる．

表 3.4.4 情報提供前後の出発地における利用予定駐車場選択モデル（平日）

	両データをプールしたもの		情報提供開始前		情報提供開始後		Parameterの 差異のt検定
	Parameter	t-value	Parameter	t-value	Parameter	t-value	
駐車場から目的地までの距離(10m)	-0.053	-7.502	-0.084	-6.074	-0.036	-4.232	-2.960
都心部流入地点からの右折回数	-0.540	-4.719	-0.600	-3.078	-0.452	-3.173	-0.613
都心部流入地点からの信号交差点数	-0.233	-5.508	-0.278	-3.762	-0.188	-3.566	-0.989
入出庫のしやすさ(5段階評価)	0.329	4.593	0.781	5.462	0.041	0.450	4.347
サンプル数		272		133		139	モデル間の $\chi^2$ 値
Lmax		-206.651		-77.547		-117.081	24.046
Lzero		-282.316		-139.599		-142.716	
-2(Lzero-Lmax)		151.330		124.105		51.271	
的中率		0.766		0.835		0.683	
尤度比		0.268		0.445		0.180	
修正尤度比		0.262		0.436		0.167	

次に，休日の推定結果である表3.4.5をみると，情報提供開始前には有意であった都心部流入地点からの信号交差点数は，情報提供開始後においては非有意となっていることがわかる．また，パラメータ推定値の差異に関する  $t$  検定結果より，駐車場から目的地までの距離と都心部流入地点からの右折回数については有意差が認められ，これらの説明要因の出発地における利用予定駐車場選択に及ぼす影響が情報提供前後で異なっているといえる．しかしながら，情報提供開始前後のデータをプーリングして得られた選択モデルと，個別に推定した際に得られた推定モデルの差異に関する  $\chi^2$  値をみると，10.946であった．自由度 6，有意水準 5%の  $\chi^2$  値は 12.592 であり，プーリングしたモデルと個別に取り扱ったモデルの間には有意差が認められない，という結果となった．

表 3.4.5 情報提供前後の出発地における利用予定駐車場選択モデル（休日）

	両データをプールしたもの		情報提供開始前		情報提供開始後		Parameterの 差異のt検定
	Parameter	t-value	Parameter	t-value	Parameter	t-value	
駐車場から目的地までの距離(10m)	-0.084	-8.632	-0.068	-5.728	-0.113	-6.308	2.120
都心部流入地点からの右折回数	-0.657	-4.945	-0.383	-2.315	-1.167	-4.580	2.582
都心部流入地点からの信号交差点数	-0.126	-2.482	-0.170	-2.545	-0.045	-0.516	-1.145
入出庫のしやすさ(5段階評価)	0.532	4.561	0.423	3.052	0.747	3.407	-1.248
混雑具合(5段階評価)	0.523	4.600	0.401	2.728	0.751	3.782	-1.415
サンプル数		259		130		129	モデル間の $\chi^2$ 値
Lmax		-157.346		-95.083		-56.790	10.946
Lzero		-257.460		-133.767		-123.692	
-2(Lzero-Lmax)		200.228		77.368		133.806	
的中率		0.791		0.790		0.820	
尤度比		0.389		0.289		0.541	
修正尤度比		0.384		0.277		0.533	

以上の結果より、平日・休日ともに、個々のパラメータについて比較すると情報提供開始前後で選択行動に関する影響が異なっている説明要因が存在することが明らかとなった。しかし、選択モデル全体で比較すると、平日の利用予定駐車場選択行動は情報提供前後で異なっている可能性が高いものの、休日では大きな差異が見られない。

#### 3.4.3 情報取得後の駐車場再選択

出発地において意思決定した利用予定の駐車場へ走行中に情報板から駐車情報を受け取り、実際利用する駐車場の選択を説明するモデルの構築を行う。パラメータ推定結果より情報の影響を定量的に評価することがここでの目的である。

##### a) 推定サンプル

推定に用いたサンプルは、第3回パネル調査により得られたものを利用した。ここでの分析を行う際に必要となるデータとして、サンプルが実際に見た情報が挙げられる。しかしながら、駐車場情報は多くの駐車場の混雑状況を示しているため、それをサンプルに全て記入してもらうことは相当の負荷であり、また回答の信頼性にも疑問が残る。そのため、ここではサンプルが報告した駐車場到着時刻をもとに案内情報板通過時刻を逆算し、提供情報履歴から情報を作成することによって、案内情報のデータを作成した。さらに、案内情報板を見なかったドライバーや、案内情報板を利用しないドライバーはサンプル対象から除外した。このようなサンプルの抽出を行った結果、平日 70 サンプル、休日 56 サンプルとサンプルサイズが非常に小さくなってしまった。そのため、平日および休日のサンプルをまとめて推定を行うこととした。

##### b) サンプルの重み付け

前項同様、選択肢別抽出とパネルアトリッションに起因するバイアスを修正するためにサンプルの重み付けを行った。選択肢別抽出に起因する重みの計算結果を表3.4.6に示す。

表 3.4.6 情報取得後の駐車場選択のための選択肢別抽出に起因する重み

調査回	記入曜日	駐車場	調査日 利用台数	情報取得後の駐車場再選択モデルのた めの重み算定			
				母集団 シェア	サンプル 数	サンプル シェア	$w(g)$
第1回 調査	平日	JR 駅前	297	0.040	1	0.008	5.514
		JR 北	235	0.031	2	0.016	4.363
		中央公園	322	0.043	6	0.048	0.543
		阪急西口	674	0.090	16	0.127	0.963
		阪急東口	260	0.035	7	0.056	0.345
		阪急北口	175	0.023	2	0.016	0.812
	休日	JR 駅前	248	0.033	4	0.032	0.921
		JR 北口	180	0.024	1	0.008	1.671
		中央公園	387	0.052	3	0.024	2.395
		阪急西口	572	0.076	3	0.024	5.310
		阪急東口	247	0.033	3	0.024	0.917
		阪急北口	137	0.018	1	0.008	1.272
第2回 調査	平日	JR 駅前	310	0.041	2	0.016	2.878
		JR 北	160	-	0	0.000	-
		中央公園	541	0.072	12	0.095	0.558
		阪急西口	695	0.093	19	0.151	0.561
		阪急東口	184	0.025	2	0.016	0.427
		阪急北口	200	0.027	4	0.032	1.238
	休日	JR 駅前	259	0.035	7	0.056	1.603
		JR 北口	148	0.020	2	0.016	2.748
		中央公園	431	0.058	9	0.071	1.334
		阪急西口	609	0.081	11	0.087	2.827
		阪急東口	205	0.027	8	0.063	0.544
		阪急北口	171	0.023	1	0.008	3.175

## c) 推定結果の考察

推定結果を表3.4.7に示す。説明変数は、出発地における利用予定駐車場選択結果を示す利用予定駐車場ダミー変数、駐車場から目的地までの距離、満空情報、都心部流入地点からの信号交差点数の4変数である。モデル全体の説明力を示す的中率及び尤度比をみると、このモデルの説明力が非常に高いことがわかる。個々のパラメータをみると、利用予定駐車場ダミー変数のパラメータ値が大きく、かつ $t$ 値も大きい。ドライバーは、基本的には出発地において決定した利用予定駐車場を変更しない可能性が高いことがわかる。また、満空情報に関するパラメータ推定値は、符号条件は満たしているものの、有意水準5%では非有意となっており、情報は情報取得後の駐車場再選択において大きな影響を及ぼしていないという結果となった。その要因として考えられることは、全体のサンプルに対して、利用予定駐車場に関する情報が満車であったサンプルが全体の25%程度であったことが挙げられる。茨木市の駐車環境が第3回パネル調査時点ではかなり良好であったことが推測されるものであろう。また、利用予定駐車場の情報が満車であってもそのまま駐車場を利用するサンプルが多いことは3.3.3においても示したとおりであり、利用予定の駐車場が満車という情報であってもそれほど待ち時間がないと考えられるため、利用駐車場を変更しな

い、といった意思決定が働いているものと推測される。このように、ドライバーの駐車場経験に起因する判断をアンケート調査で検討することは非常に難しく、何らかの補完的な方法が必要となるといえる。さらに、推定に用いた 126 サンプルのうちで、駐車場を変更したものはわずかに 4 名であり、駐車場を変更したサンプルの数が少ないことも問題であろう。

表 3.4.7 情報取得後の利用駐車場再選択モデル

	Parameter	t-value
利用予定駐車場ダミー	6.413	4.490
駐車場から目的地までの距離(10m)	-0.092	-2.579
満空情報(満車なら1)	-1.096	-0.913
都心部流入地点からの信号交差点数	-0.608	-2.427
サンプル数		126
Lmax		-15.390
Lzero		-164.126
-2(Lzero-Lmax)		297.471
的中率		0.985
尤度比		0.906
修正尤度比		0.905

### 3.5 結言

本章においては、PGI システム導入を予定していた大阪府茨木市を研究対象として、PGI システム導入前後を通じてパネル調査形式によるアンケート調査を実施し、駐車場情報提供効果の把握を目指して分析を試みた。以下に得られた主な知見を述べる。

- ① PGI システムが導入される前に実施した調査においては 80%以上のサンプルが情報を必要と回答しており、情報に対するニーズは高い。一方、PGI システムが供用開始された後の調査によれば、実際に利用するのは 60~70%のサンプルであった。
- ② 駐車情報を利用しない理由として、茨木市周辺の駐車場について知識がある、という回答が多かったことより、駐車場に対する知識の豊富さが情報を参照する、しないに及ぼす影響が大きいことが考えられる。
- ③ 現在の満空情報以外に望む情報についての回答より、駐車場が満車であったときの待ち時間情報のニーズが高い。また、現在 PGI システムによる情報提供の際に用いられている、都心部への流入地点における情報提供に加えて、出発地での情報提供に関しても要望が多い。
- ④ PGI システム導入によって、決まった駐車場しか利用しないドライバーが減少し、なおかつ同一目的・同一目的地であった際に利用する可能性がある駐車場が増加するなど、駐車場利用の選択性が高まる。



- ⑤ パネル調査に起因するアトリッションバイアスを考慮するために duration model を用いたパネル参加確率により修正する方法を利用し、それを用いてサンプルを重み付けして駐車場選択モデルの推定を行った結果、アトリッションを考慮する場合としない場合で有意となるパラメータが異なる等、アトリッションバイアスが推定結果に及ぼす影響は小さなものではないことが明らかった。
- ⑥ 出発地における利用予定駐車場の選択を、ロジットモデルを用いて推定した結果、平日における駐車行動については PGI システムによる情報提供開始前後で有意な差が見られたものの、休日における駐車場選択についてはモデル間で有意な差は得られなかった。出発地における利用予定駐車場の選択に際する情報の影響は小さくなく、どちらかといえば、選択性の増加が主たる効果であると考えられる。
- ⑦ PGI システム導入後の調査データを利用して、案内情報板から情報を取得した後の駐車場の再選択について、ロジットモデルを用いてモデル化を行った。その結果、モデルの説明力は高いものの、提供されている満空情報に関するパラメータ推定値は非有意となり、案内情報が駐車場選択に大きな影響を及ぼしていない、という結果となった。このような結果が生じた理由として、調査日における茨木市の駐車環境が良かったことが考えられ、有効なデータ収集のための検討を行う必要があることが明らかとなった。

以下に、本章の分析内容に関連性の強い課題について言及しておく。

- ① 情報提供によって個人の選択性が高まる可能性があることがここでの分析により示唆されたが、その影響について観測、定量化することが次なる段階として必要である。
- ② 本研究においてはパネル調査を用いて分析を試みているが、より 細な分析を進めていく上ではサンプル数の不足が深刻な問題となってくる。新たな横断面調査によるサンプルの更新について検討を加える必要があるといえる。その際の適切な重み付けの方法について検討しなければならない。また、本研究においてもパネル調査による学習や疲労については十分な考慮をしていない点にも課題が残る。
- ③ 情報提供が効果的に機能する場面は限られている。ここで研究対象としている駐車場情報についていえば、全ての駐車場に余裕がある場合や、逆に全ての駐車場が満車である場合には情報は余り大きな意義をなさない。そのため、情報提供分析を行う際に十分なデータを収集することが非常に困難となる。特に、ある調査日を特定したアンケート調査等を用いた場合には、情報提供が効果的な状況でデータ収集ができる保証が無く、結果的に有効なサンプルあたりの労力、コストが大きくなってしまう可能性が高い。より効率的な調査方法について検討を加える必要があるといえる。

【第3章の参考文献】

- Ben-Akiva, M and Lerman, S. R. (1985) : “Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand”, The MIT Press
- Kitamura, R. (1990) : “Panel Analysis in Transportation Planning : An Overview”, *Transportation Research*, Vol. 24A, No. 6, pp. 401-405, 1990
- Kitamura, R., Pendyala, R. M. and Goulias, K.G. (1993) : “Weighting Methods for Choice-Based Panels with Correlated Attrition and Initial Choice”, *Transportation and Traffic Theory*, pp. 275-294
- Pendyala, R., M., Goulias, K., G., Kitamura, R. and Murakami, E. (1993) : “Development of Weights for a Choice-Based Panel Survey Sample with Attrition”, *Transportation Research Par*, Vol. 27A, No.6, pp. 477-492
- SAS ソフトウェア株式会社 (1988) : “SAS User’s Guide: Statistics[日本語版], Version 5 Edition”, pp. 509-530
- 大橋靖雄, 浜田知久馬 (1995) : “生存時間解析－SAS による生物統計－”, 東京大学出版会, pp. 221-228
- 佐々木邦明, 森川高行, 杉山幸司 (1996) : “パネルサンプルの初期摩耗を考慮した動的な買物目的地選択モデル”, *土木計画学研究・論文集*, No.13, pp. 595-600
- 杉恵頼寧, 藤原章正, 山根啓典 (1993) : “選好意識パネルデータに潜在する消耗バイアスの修正”, *土木計画学研究・論文集*, No.11, pp. 311-318



## 第4章 室内実験による経験と情報の駐車行動への影響分析

### 4.1 概説

第3章においては、PGIシステムが導入された都市を対象とした導入前後のパネルアンケート調査を通じて駐車場情報提供効果の把握および情報提供下の駐車場選択モデルの構築を行った。一連の分析を通じて、情報が効果的に機能するような状況下での行動サンプルの収集の困難さと、駐車場に関する事前知識が選択に及ぼす影響が大きい可能性が明らかとなった。しかしながら、事前知識を考察するためのデータを現実の状況下で収集することは非常に困難である。最も一般的な方法として、過去の経験に基づく質問を行うことが考えられるが、記憶の曖昧さ等により、回答データの信頼性に疑問が残る。そのため、仮想的な状況下における被験者の選択を繰り返し観測可能な、室内選択実験システムを利用して分析を試みることとする。実験システムを通じて明らかにしたいのは、アンケート調査からは十分な考察ができなかった、情報の即時的効果に位置づけられる情報取得後の行動変更のモデル化と、駐車場利用や情報の時間遅れ効果として位置づけられる情報取得に関する知識の蓄積過程である。

本章の構成は以下の通りである。4.2では、駐車場選択実験の概要と各種設定について説明する。4.3では、実験システムによって得られたデータを用いて、利用経験が駐車場選択に及ぼす影響について検討を加える。4.4においては、駐車場情報の選択に及ぼす影響をモデル分析することを通じて、情報精度が異なる際に情報提供効果がどのように異なるかについて考察を加える。4.5では、情報提供が実際の状況と乖離がある場合のドライバーの情報への信頼度の変動について検討を加える。最後に、4.6においては、本章で得られた成果をまとめるとともに、今後の課題について言及する。

### 4.2 室内駐車場選択実験システム

#### 4.2.1 対象とする駐車行動

本研究においては、情報提供が行われていない場合には利用駐車場を出発地で決定し、情報提供が行われている場合では、まず出発地で利用予定駐車場を決定し、その後案内板からの情報に応じて利用駐車場を変更するものと仮定する。被験者の負荷を減少させるため、駐車場まで到着した場合に待ち時間があつた場合に、その他の駐車場へ向かう行動については実験対象としていない。また、実験の煩雑さを避け、被験者に多数の選択行動を繰り返して頂くために、出発地からの利用経路についても質問を行わないこととした。本章における情報提供下での駐車行動の仮定を図4.2.1に示しておく。

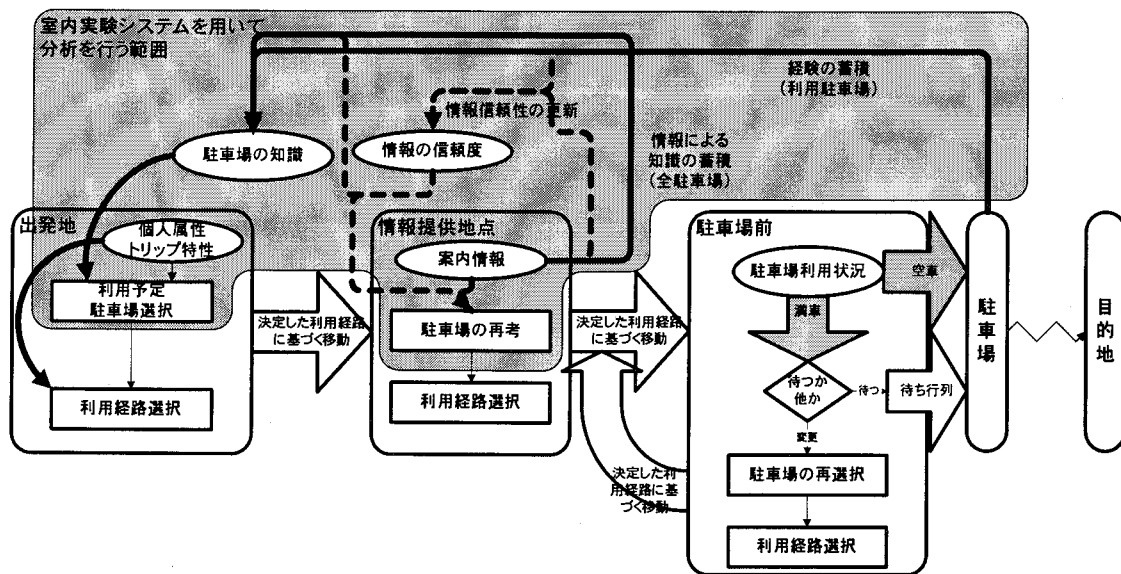


図 4.2.1 室内選択実験における駐車行動の仮定

#### 4.2.2 室内実験システムの概要

駐車場から目的地までの徒歩時間、トリップ目的やトリップを行う日時、駐車時間、天候などは駐車場選択に対して少なからず影響を及ぼしていると考えられる。しかしながら、情報提供の内容・精度と駐車場選択行動の関連性を主たる分析対象とするため、目的地から駐車場までの徒歩時間以外の要因は全ての被験者に対して同一とした。なお、目的地から駐車場までの徒歩時間は、駐車場選択に大きな影響を及ぼす要因であり、情報の選択に及ぼす影響を定量化することを目的とし、被験者に提示した。設定したトリップ条件を表 4.2.1 に示し、実験で用いた仮想的な都市を図 4.2.2 に示す。ここでは 3 つの駐車場 (図中 A, B, C) からひとつを選択してもらった。路上駐車を選択肢は設けていない。

表 4.2.1 実験の設定条件

都市の特徴	衛星都市
トリップの生起時刻	休日午後
トリップ目的	買い物
駐車容量	A:200 台, B:100 台, C:50 台
駐車料金	全ての駐車場で 200 円/時間
選択条件	3 つの駐車場のいずれかを利用しなければならない
待ち時間	正規分布より作成 A: $N(0,2^2)$ , B: $N(6,5^2)$ , C: $N(10,9^2)$
情報板	地図式案内板

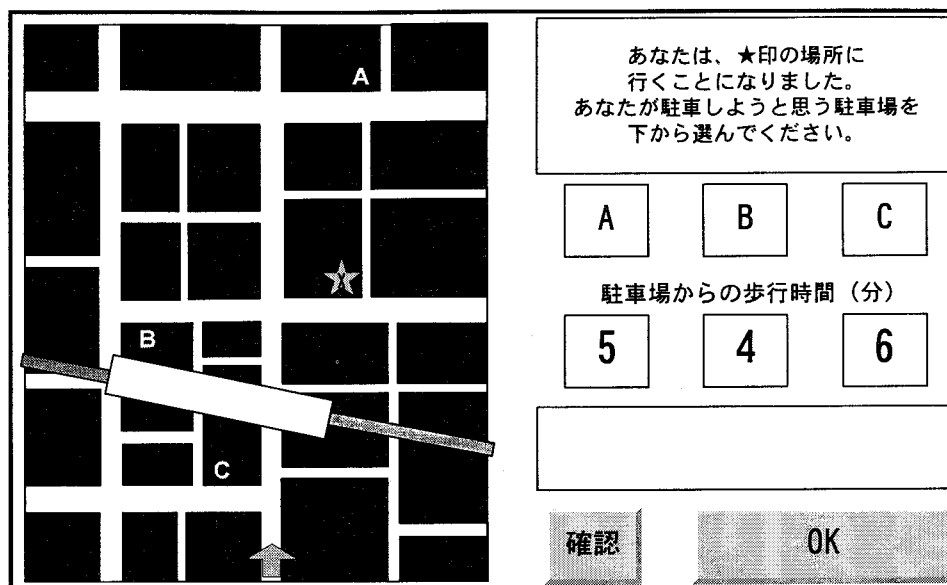


図 4.2.2 実験の画面

実験システムは、Microsoft Windows®上の簡易プログラミング言語である Visual Basic を用いて構築した。GUI ベースのパーソナルコンピュータを用いた実験を行うことによってサンプルの負荷が少なくなるため、より多くの繰り返し選択が可能である。本実験では、45 回の選択を繰り返し回答していただいた。以下に、実験を行う際に設定した条件をまとめておく。

a) 目的地の設定

被験者に駐車場から目的地までの距離を考慮してもらうために、3つの目的地を用意した。これらの目的地を各被験者に対して選択回（以後ステップと呼ぶ）ごとに1ヶ所ずつ与えた。この際、目的地のシェアによって駐車場の利用シェアが変化する可能性があるため、同一グループの被験者のなかでの目的地シェアは1:1:1となるように設定している。

b) 選択結果としての入庫待ち時間

現実の状況下においては、駐車場の混雑状況はドライバーの駐車場選択結果の集計値として生成されるものである。しかし、これを実験で再現するとなると、各選択において全ての被験者の選択結果を収集し、それに応じて利用状況を計算しなければならない。また、本研究においては情報が実際の待ち時間に対してどれほど信頼がおけるかどうかを分析することが目的であるため、情報の確からしさを分析者がコントロールすることが必要である。そのため、ドライバーが駐車場を選択した結果として経験する入庫までの待ち時間は、個々の被験者の選択とは独立とし、外生的に与えることにする。入庫待ち時間はある平均、分散を持った正規分布に従うと仮定し、乱数を用いて設定した。なお、その際の平均および分散は、駐車場の容量を参考にして決定している（表 4.2.1参照）。この際、生起乱

数により負の待ち時間が生じた場合には、待ち時間なしとしている。入庫待ち時間の設定値は、全被験者ごとに、各ステップにおいて同じ値としている。このような設定にした理由は、各ステップにおいて、実験グループごとに集計した実待ち時間の平均値等の結果が比較可能であるためである。選択結果として与えられる実際の待ち時間は、ドライバーが選択した駐車場のみについて提供し、その他の利用していない駐車場については報告していない。表4.2.2に、設定した入庫待ち時間を示しておく。

表 4.2.2 入庫待ち時間の設定値（分）

ステップ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
駐車場 A	0	5	4	0	0	0	3	0	3	0	4	0	0	0	0
駐車場 B	7	0	1	14	3	5	14	15	0	2	2	6	5	1	10
駐車場 C	8	14	3	13	0	20	8	28	21	13	4	5	23	18	6

#### c) 提供情報の決定方法

提供される情報は、案内板の更新間隔や情報を受け取ってから駐車場に到達するまでの所要時間などによって、実際の待ち時間から乖離が生じることが考えられる。それゆえ、情報は b) で説明した実際の待ち時間に対して、平均 0 の正規分布に従う誤差を加えることによって生成した。情報精度が異なる場合の駐車行動の差を分析するために、正規分布の標準偏差を 2 種類用意した。実待ち時間から分散  $3^2$  分の正規乱数より得られる誤差を足しあわせたものを高精度情報とし、分散  $7^2$  分の誤差を足しあわせたものを低精度情報とした。なお、被験者には情報の誤差についての説明は一切行っておらず、それが精度の高い情報なのか、低いものなのかは選択の繰り返しの中で認識している。この 2 つの情報を与えた実験を行って、その違いを分析することにする。さらに、情報提供の内容としては、現在供用されている満空情報と、より高度な情報として予測待ち時間情報の 2 種類を研究対象とした。満空情報として提供される情報は、あらかじめ設定した入庫待ち時間に対して提供情報を作成するための情報誤差の値を足しあわせ、その値が 0 以下であれば「空」の情報を提供し、正であるなら「満」とした。また、待ち時間情報においては、0 以下であるなら「空」を、正であるなら、分単位で待ち時間を表示することとした。

#### d) サンプルグループピング

情報の提供内容の違いと情報精度の違いに応じて 4 つの情報が提供されるグループを用意した。また、情報が与えられていない場合を想定して、情報を与えないグループを用意し、合計 5 グループのセグメント分けを行った。全サンプル 150 名を各実験グループに 30 名ずつ割り当てた。これらの 5 グループに対して、図 4.2.3 に示すような 45 回の駐車場選択の繰り返しを行った。サンプルの全体の実験にかかった所要時間は 30～40 分程度である。実験は、京都近辺に住む運転免許を持っている大学生に依頼した。

本実験では45回の繰り返しの連続で行っているが、実世界の状況下ではここで設定している行動を毎日繰り返しているわけではない。実世界の現象について検討を加える際には、トリップの発生頻度に応じた忘却等のメカニズムについても考慮する必要があるといえる。本研究においては知識の獲得過程に関する速度については考察の対象としていないため、45回の選択の繰り返しの連続して実施して頂いた。なお、グループ3について実験パターンの設定が異なっているため、以下のモデル化の際にはその影響が少ないであろうサイクル3の後半のデータを利用している。

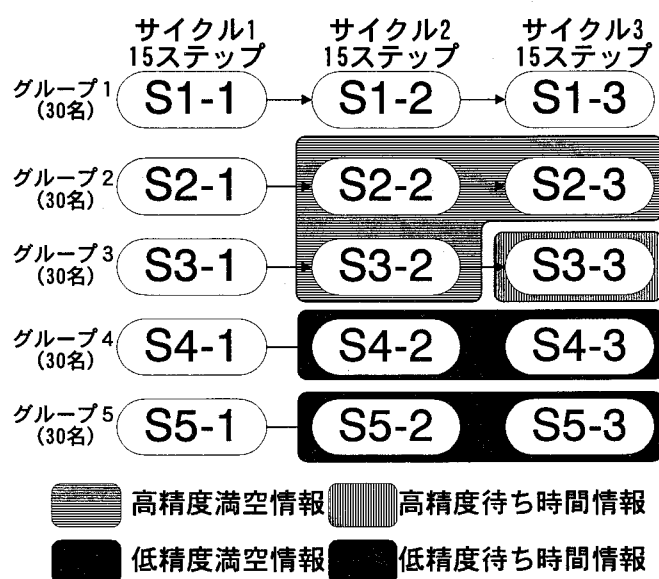


図 4.2.3 サンプルグループピング

### 4.3 利用経験の駐車場選択に及ぼす影響

室内実験システムにより得られたデータを用いて、駐車場の利用経験が選択に及ぼす影響について考察を加えることとする。情報が提供される場合においては、情報の影響が少なからず存在すると考えられるため、ここでは情報提供が行われていない、グループ1のデータを利用して分析を試みる。情報提供が行われていない場合には、出発地において一度駐車場を選択すれば、その後の利用駐車場の変更はない。

#### 4.3.1 駐車場利用経験の及ぼす影響の仮定

実験開始時点において被験者が持つ駐車場に関する情報は、駐車場の位置と駐車容量である。駐車料金は全ての駐車場において一定としているため、その影響は考慮する必要はない。このような初期状況から実験を開始し、被験者は選択を繰り返すことによって、各ステップにおいて選択した駐車場に関する混雑具合を、入庫待ち時間の値を通じて学習し



ていくことになる。本節での分析対象は、選択する際にどのような形で利用経験が選択に影響を及ぼすかであり、ここでは、以下の 3 つの仮定に従うものとして、ロジットモデルによる選択モデルを仮定する。パラメータ推定結果より、推定結果の適合度によってどのモデルが最も説明力が高いかを考察する。仮定は以下の通りである。

- 仮定 1) ドライバーは、選択を繰り返している間の駐車場の混雑具合を平均的に評価している（平均経験待ち時間による駐車場混雑の評価）。
- 仮定 2) ドライバーは、今まで利用した際に最も待ち時間が長かった時の待ち時間を用いて駐車場を評価している（最大経験待ち時間による駐車場混雑の評価）。
- 仮定 3) ドライバーは、前回の選択において経験した待ち時間によって駐車場を評価している（最近過去待ち時間による駐車場混雑の評価）。

この 3 つの仮定に従って説明変数を作成し、推定を行うこととした。

なお、モデル推定にあたって、系列相関の問題が懸念される。データをプーリングして推定を行えば、同一個人がサンプル中に複数存在することになり誤差項間に相関が生じる、系列相関の問題が発生することが指摘されている（Amemiya, 1985）。この問題を考慮する方法として、森川・山田（1993）が互いに補完的な性質を持つ RP データと SP データを同時に用いた離散選択モデルを提案している。本研究においても上記モデルの適用を検討したが、10 ステップ分のデータを用いる場合スケールパラメータ等未知のパラメータが増加すること、パラメータ推定に際して数値積分を多数行わなければならないこと、の 2 つの問題により、系列相関を考慮せずに分析を進めている。

#### 4.3.2 推定結果の考察

推定は、情報提供が行われていないグループ 1 に属する被験者から得られたデータで、なおかつ十分に駐車場に関する知識が蓄積したと考えられる、最終の 10 ステップ（36 ステップ～45 ステップ）のデータ（合計 300 サンプル）である。推定結果を表 4.3.1 に示す。説明変数は、駐車場から目的地までの徒歩時間と、先に説明した 3 つの仮定に基づく駐車場利用経験の 2 変数である。

推定結果を見ると、仮定 1)～3) に基づく全てのモデルにおいて、駐車場利用経験に関するパラメータ推定値は、有意水準 5% で有意である。また、モデル全体の適合度を示す、 $\chi^2$  値も全てのモデルで良好な値をとっている。3 つの仮定による推定結果を  $\chi^2$  値、的中率、修正尤度比で比較すると、平均経験待ち時間を駐車場利用経験とした、仮定 1) に基づくモデルの説明力が最も高いといえる。よって、ドライバーは駐車場の利用経験を平均的に評価しているものと考えられる。仮定 1) に従うモデルに基づき、徒歩時間と駐車場における待ち時間の重みを比較すると、徒歩時間が平均経験待ち時間のおよそ 1.77 倍となっており、ドライバーは、目的地からより離れた駐車場を利用するよりは入庫を待つことを選択する傾向にあるといえる。

表 4.3.1 駐車場利用経験が駐車場選択に及ぼす影響

説明変数	平均経験待ち時間 (仮定 1)		最大経験待ち時間 (仮定 2)		最近過去待ち時間 (仮定 3)	
	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地までの徒歩時間 (分)	-0.416	-10.073	-0.463	-10.145	-0.336	-9.038
駐車場の利用経験 (分)	-0.235	-8.609	-0.134	-8.599	-0.115	-8.614
最大尤度 ( $L_{\max}$ )	-231.536		-244.544		-246.177	
初期尤度 ( $L(0)$ )	-321.069		-321.069		-321.069	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 ( $-2(L(0) - L_{\max})$ )	179.065		153.050		149.785	
的中率	0.805		0.776		0.735	
修正尤度比	0.275		0.234		0.229	
サンプル数	300					
$\chi^2$ 値 (自由度 3, 有意差判定確率 1%)	11.345					
【参考値】						

#### 4.4 提供情報の内容・精度の駐車場選択行動への影響

##### 4.4.1 情報の内容・精度と被験者の駐車場選択行動の集計的考察

###### a) 平均所要時間から見た行動結果の比較

室内駐車場選択実験では、各ステップにおいて全てのドライバーの入庫待ち時間は駐車場ごとに一定であり、実験設計者が外生的に与えている。そのため、ステップごとに、グループ間での入庫待ち時間や徒歩時間の平均値を比較することは、情報提供によってより混雑していない駐車場に利用を変更する可能性と、その結果として生じる駐車場混雑の改善可能性を示すものとして捉えることができるだろう。なお、ドライバーが意思決定を行った実際生じうる入庫待ち時間は、ドライバーの選択結果に応じて内生的に生成されるものであるため、ここで集計される待ち時間等の平均値とは異なるものである。より厳密な評価を行うためには、行動原理をモデル化し、得られたモデルをサブモデルとして組み込んだ、交通流シミュレーションモデル等を用いて計算を進めなければならない。考察は、全グループのサイクル 3 (31 ステップ～45 ステップ) により得られたデータを用いている。

###### ① 平均入庫待ち時間

駐車場の入庫待ち時間は外生的に与えているため、ここで考察できることは、案内情報により混雑していないと示された駐車場を選択するサンプルのシェアがどれほど増加するか、ということになる。ステップごとの入庫待ち時間について、グループごとに平均を計算した結果を図 4.4.1 に示す。ほとんどのステップにおいて最も入庫待ち時間が長いのが、情報提供が行われていない、S1-3 であることがわかる。ただし、ステップ 35 や、ステップ 40 のように、入庫待ち時間が全体的に短く設定されていた場合においては、情報提供を行っている場合の方が、平均入庫待ち時間が長い状態が起こりうる。情報精度との関連性を見れば、低精度情報が提供されている場合、ステップ 31 やステップ 38 などのように、ある程度混雑している状況下においても、平均入庫待ち時間が、情報提供がない場合より大

きくなることがあり、情報の精度が低ければ情報提供を行わない場合よりも状況が悪化する可能性があることがわかる。満空情報と待ち時間情報とを比較すると、ほとんどの場合において待ち時間情報を提供した場合の方が平均入庫待ち時間は小さくなっており、情報の内容を高度化することによって、より効果的にドライバーを混雑していない駐車場に誘導できるといえる。

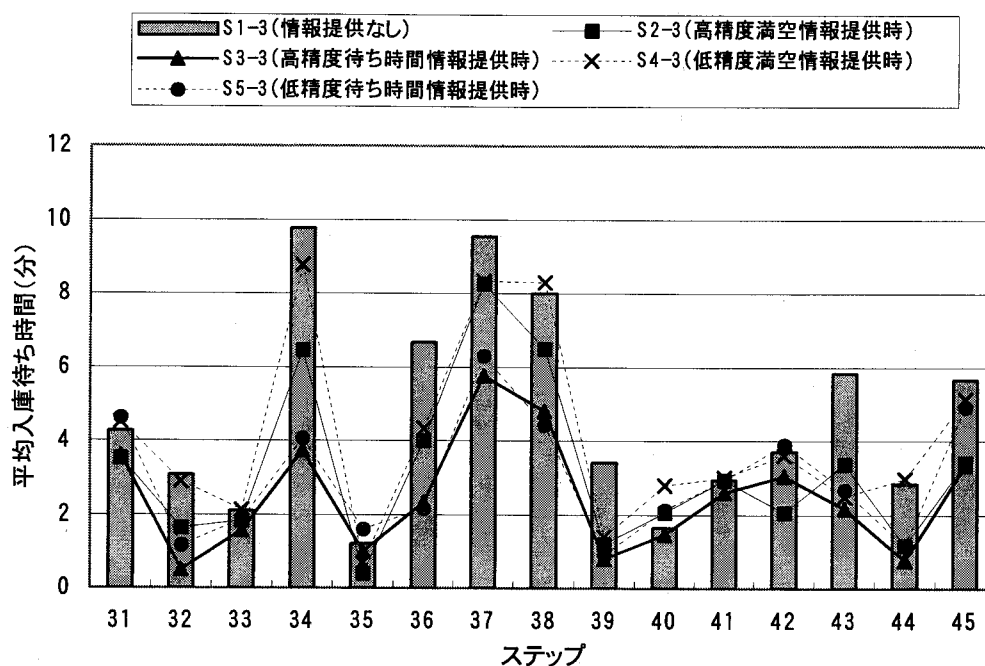


図 4.4.1 平均入庫待ち時間の推移

## ② 平均徒歩時間

各被験者の目的地までの距離の平均値を、グループごと、ステップごとに計算した。図 4.4.2において特徴的なことは、待ち時間情報が提供されている S3-3 および S5-3 の変動である。ステップ 32, 33, 35, 41 などにおいて、徒歩時間は情報提供が行われていないときよりも小さな値をとっている一方で、34, 38 ステップのように情報提供が無い場合より大きな値である場合もある。この図と図 4.4.1とを比較すると、平均徒歩時間が短いステップは、比較的駐車場の混雑がそれほど激しくないときであり、逆に徒歩時間が長いステップは、比較的駐車場の混雑が激しいときであることがわかる。満空情報提供時においても同様の変動が見られるが、待ち時間情報提供時ほど顕著ではない。待ち時間情報が提供されている場合には、情報が分単位で提供されるため、その値と徒歩時間とを比較して、総合的に所要時間が短い駐車場を利用しているものと推察される。

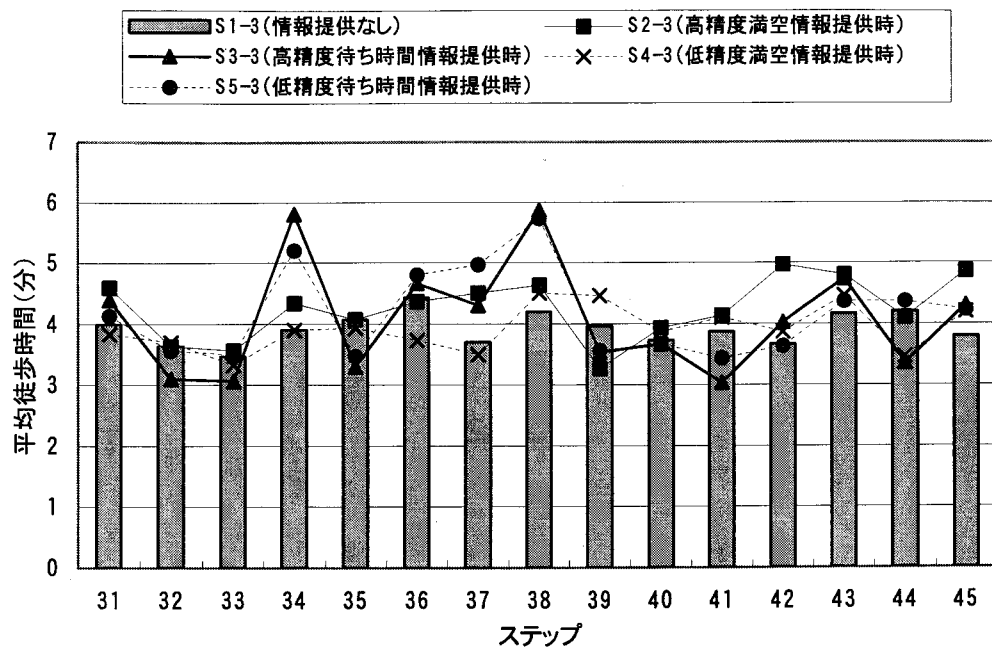


図 4.4.2 平均徒歩時間の推移

### ③ 平均所要時間

情報提供が行われている場合には、特に駐車場の混雑が激しい場合、多少徒歩時間はかかっても混雑していない駐車場を利用することが明らかとなった。しかしながら、情報取得することによって、入庫待ち時間が短い駐車場を利用する可能性が高まるものの、その駐車場への徒歩時間は長いため、最終的に所要時間全体では時間短縮が実現されていない可能性がある。そのため、入庫待ち時間と徒歩時間の和で求められる所要時間の平均値の推移を考察することとする。計算結果を図4.4.3に示す。これより、全ステップを通じて最も平均所要時間が短いのが高精度待ち時間情報を提供している S3-3 であることがわかる。また、ほとんどの場合において、情報提供が行われていない場合が最も平均所要時間が長い。情報精度ごとの結果を比較すると、高精度情報を提供した場合の方が、低精度よりも平均所要時間が短い。また、満空情報と待ち時間情報を比較すると、待ち時間情報提供時の方が平均所要時間が短く、なおかつ、ステップ 38 のように、低精度満空情報提供時には、情報提供を行っていない場合より平均所要時間が長い場合が起こりうる。

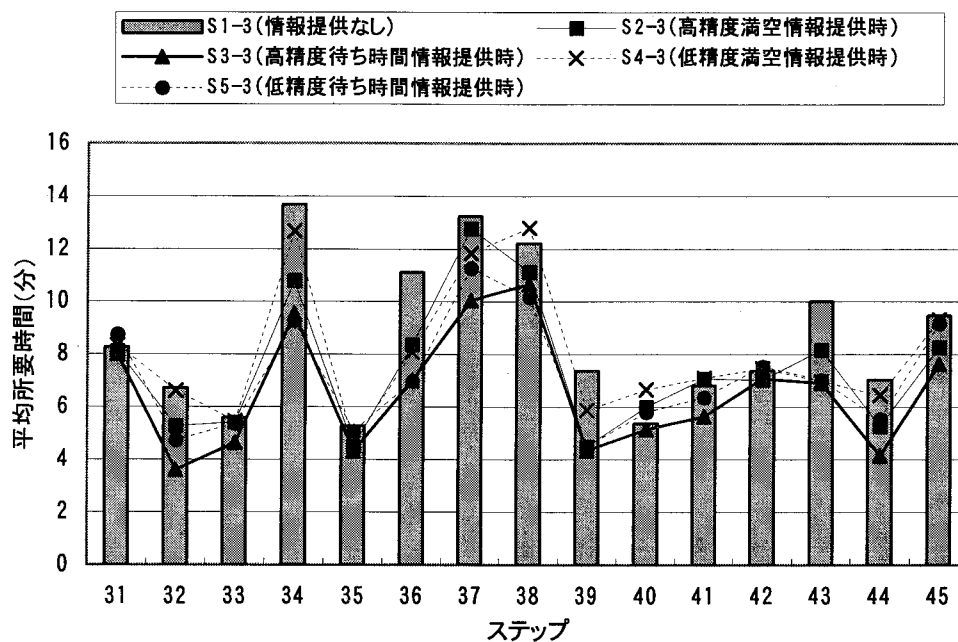


図 4.4.3 平均所要時間の推移

#### b) 情報提供下の対応行動

##### ① 満空情報が提供されている場合

ここでは、図 4.2.3に示したグループごとに、情報提供の内容と対応行動が、情報精度が異なることによってどのように変化するかを集計的に考察する。まずは、満空情報が提供されている場合についての集計結果を示す。出発地において選択した利用予定駐車場と、情報取得後に実際選択した利用駐車場の選択結果を元に、情報の内容ごとに被験者の駐車場変更割合を計算し、比較することとした。

集計結果を図4.3.1に示す。高精度情報提供時には、利用予定駐車場の情報が空車であった場合において、駐車場を変更したサンプルの比率が 15.3%であるのに対して、情報が満車であった場合には、39.6%のサンプルが駐車場を変更している。一方、低精度情報の場合には、利用予定駐車場の情報が満車であっても空車であっても、駐車場の変更率は 25%程度で同じである。これより、情報が高精度であった場合の方が、ドライバーはより過敏に情報に反応しているといえる。利用予定駐車場の情報が空車であるにもかかわらず駐車場を変更したサンプルが存在する理由としては、目的地に比較的近い駐車場が混雑していると考え、より遠い駐車場を利用予定駐車場としたにもかかわらず、提供された情報では目的地付近の駐車場の情報が空車であった、といった状況が発生したためであると考えられる。

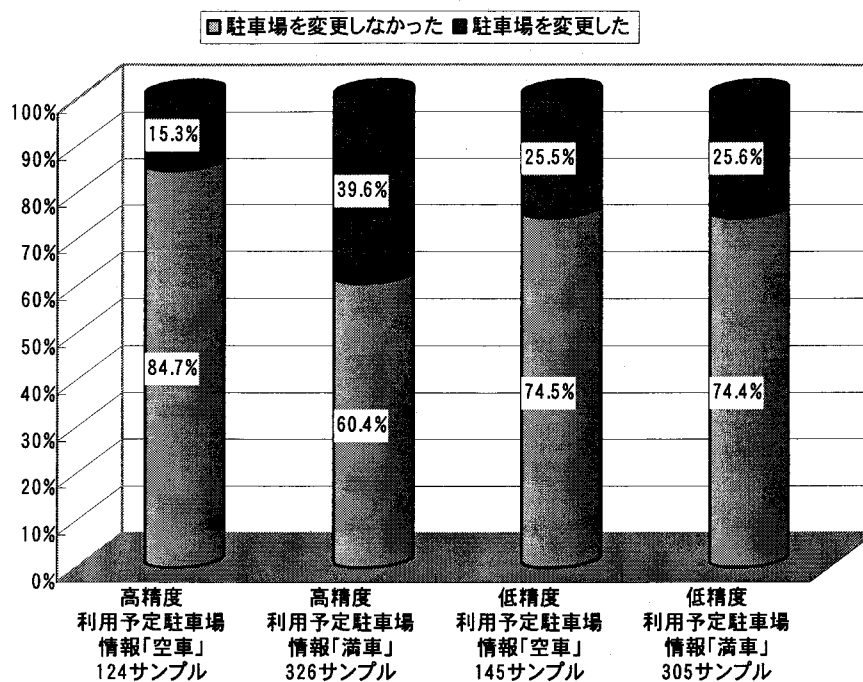


図 4.3.1 満空情報取得後の駐車場変更率

## ② 待ち時間情報が提供されている場合

待ち時間情報は分単位で提供されているため、利用予定駐車場の情報と他の駐車場（以下代替駐車場と呼ぶ）の情報との差が分単位で定義できる。そのため、利用予定駐車場についての情報と、代替駐車場のうちより待ち時間が少ない情報との差をとり、この差と駐車場変更率の関係について集計し、考察を進めることとした。計算結果を図4.3.2に示す。駐車場変更率を計算する際に、図の横軸に対応する、利用予定駐車場と代替駐車場の待ち時間情報の差が同じサンプルが少ない場合データの信頼性が低くなってしまうため、駐車場変更率を計算する際の対象サンプル数が3サンプルに満たない点については、図に示していない。また、比較のために回帰直線を図中に示している。

図 4.3.2を見ると、高精度待ち時間情報提供時には、特に横軸の値はマイナスである場合、つまり、利用予定駐車場の情報が最も小さい場合にはほとんど駐車場変更をしていないことがわかる。それに対して、低精度情報の場合は、かなり駐車場を変更しているサンプルが存在する。回帰直線を見ると、低精度情報と比較して高精度情報であった場合の方が、勾配が急である。以上より、高精度待ち時間情報を提供している場合の方がドライバーはより敏感に情報に反応すると考えることができる。

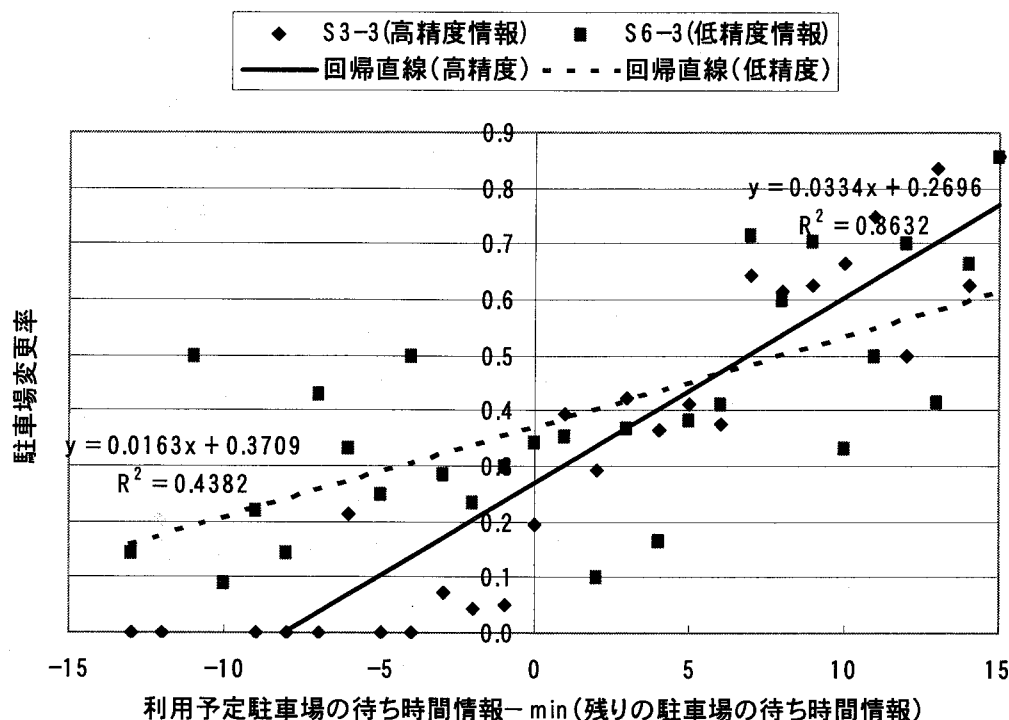


図 4.3.2 待ち時間情報取得後の駐車場変更率

#### 4.4.2 情報取得経験の利用予定駐車場選択への影響に関するモデル分析

ロジットモデルを用いて情報提供下の出発地における利用予定駐車場選択モデルの構築を試みる。推定された結果に基づいて、情報の時間遅れ効果のひとつである繰り返し取得した過去の情報が出発地選択に及ぼす影響を把握することが目的である。図 4.2.1に示した駐車行動の仮定においては、出発地においてあらかじめ駐車場の利用状況を知ることにはできない。そのため、過去の経験やトリップ目的に応じて利用予定駐車場を選択していると考えることができる。過去の経験には2種類があると考えられる。第1が、実際駐車場を利用することによって得られる利用経験であり、第2が繰り返し情報を取得することによって得られる情報取得経験である。利用経験が駐車場選択に及ぼす影響は、4.3において考察しており、ここでは4.3の考察結果に従い、各駐車場の利用経験は待ち時間の平均値により表現できるものとする。そして、情報取得経験については、いくつかの仮定を設けて推定を行い、モデルの適合度を示す指標を通じて考察を進めることとする。推定に用いたデータは、高精度情報の提供が行われているグループ2、もしくは3のステップ36～45までの10ステップ分をプーリングした、合計300サンプルである。

##### ① 満空情報提供下の利用予定駐車場選択

満空情報の取得経験を示す説明変数として、以下の2つの仮定に基づくものを準備した。

仮定1) ドライバーは、満空情報を繰り返し取得している間に、各駐車場について平均的

にどの程度の確率で満車という情報を受け取るか、に基づいて駐車場を評価している（平均満車率による駐車場の評価）

仮定 2) ドライバーは、前回のステップにおいて取得した満空情報によって駐車場を評価している（最近過去満空情報による駐車場の評価）

なお、平均満車率は、以下の式で計算することができる。

$$f_s^i = \frac{1}{s-1} \sum_{t=l}^{s-1} I_t^i \dots\dots\dots(4.4.1)$$

ただし、

$f_s^i$  : ステップ  $s$  における駐車場  $i$  についての平均満車率

$I_t^i$  : ステップ  $t$  における駐車場  $i$  についての満空情報（満車=1, 空車=0）

$l$  : 情報提供開始ステップ

である。

上記の 2 種類の仮定に基づいた利用予定駐車場選択モデルの推定結果を表4.4.1に示す。情報取得経験を表す変数以外の説明変数は、駐車場から目的地までの徒歩時間と駐車場の利用経験である。参考までに、情報取得経験に関する説明変数を導入していない推定モデルの結果も併せて示しておく。推定結果を見ると、情報取得経験を表す平均満車率に関するパラメータ推定値が有意水準 5%で非有意であり、この変数が駐車場選択に影響があるとはいえない、という結果となっている。その一方で、最近過去満空情報に関するパラメータ推定は有意となっている。モデルの適合度を示す指標を見ると、的中率については平均満車率を用いたモデルの方が高いが、その差はほとんどなく、なおかつ  $\chi^2$  値および修正尤度比は最近過去満空情報を用いたモデルの方が高い。さらに、情報取得経験に関するパラメータを除いて推定したものと、最近過去満空情報を導入したものとを比較しても、 $\chi^2$  値および修正尤度比は仮定 2) に基づくモデルの方が大きい。よって、ドライバーは、前ステップにおいて取得した満空情報を元に、出発地における利用予定駐車場を選択していると考えることができる。



表 4.4.1 満空情報取得経験が利用予定駐車場選択に及ぼす影響

説明変数	平均満車率 (仮定 1)		最近過去満空情報 (仮定 2)		情報取得経験に関 する説明変数なし	
	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地までの徒歩時間 (分)	-0.618	-11.230	-0.648	-11.415	-0.621	-11.402
平均経験待ち時間 (分)	-0.288	-7.827	-0.281	-7.969	-0.291	-8.293
満空情報取得経験	-0.108	-0.309	-0.553	-2.497	-	-
最大尤度 ( $L_{\max}$ )	-203.359		-200.212		-203.406	
初期尤度 ( $L(0)$ )	-329.584		-329.584		-329.584	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 ( $-2(L(0) - L_{\max})$ )	252.449		258.744		252.354	
的中率	0.824		0.822		0.824	
修正尤度比	0.380		0.389		0.380	
サンプル数	300					
$\chi^2$ 値 (自由度, 有意差判定確率)	(4, 1%)				(3, 1%)	
【参考値】	13.277				11.345	

※斜体は有意水準 5% で非有意であることを示す

## ② 待ち時間情報提供下の利用予定駐車場選択

待ち時間情報は、分単位の連続的な値を持つ情報であるため、以下に述べる 3 つの仮定に基づき推定したモデルによって、待ち時間情報の取得経験が利用予定駐車場選択に及ぼす影響を考察する。

- 仮定 1) ドライバーは、繰り返し取得した待ち時間情報の平均に基づいて駐車場を評価している (平均待ち時間情報による駐車場の評価)
- 仮定 2) ドライバーは、今までに経験した最大の待ち時間情報の値に基づいて駐車場を評価している (最大待ち時間情報による駐車場の評価)
- 仮定 3) ドライバーは、前回のステップで取得した待ち時間情報の値に基づいて駐車場を評価している (最近過去待ち時間情報による駐車場の評価)

以上の 3 つの仮定に基づき推定した利用予定駐車場選択モデルと、待ち時間情報取得経験を取り除いたモデルの推定結果を表 4.4.2 に示す。まず仮定 1)~3) に基づく利用予定駐車場選択モデルをみると、全モデルにおいて、情報取得経験を表すパラメータ推定値は水準 5% で有意であることがわかる。次に、モデルの適合度を示す諸量を比較すると、全ての指標が最も良いモデルは、平均待ち時間情報を情報取得履歴として採用したものである。よって、待ち時間情報が提供されている場合には、ドライバーは、以前取得した待ち時間情報を平均的に参考にしながら駐車場選択を行っていると考えられる。なお、仮定 1) に基づくモデルにおいて特徴的な点として、平均経験待ち時間に関するパラメータ推定値が有意水準 5% では有意とはいえない、という結果となっていることがあげられる。これは、経験した待ち時間は、実際に選択した駐車場の値のみが明らかとなるのに対して、情報は全ての駐車場について提供されるため、情報取得経験の方がより情報量が多く、結果的に被験者は情報を参照するようになったものと考えられる。最後に、情報取得経験に関する説明変数を除去したモデルと比較すると、情報取得経験を考慮したモデルの推定結果の方が、修

正尤度比および的中率は上昇しており、ドライバーは出発地において過去に取得した情報を参考にしているといえる。

表 4.4.2 待ち時間情報取得経験が利用予定駐車場選択に及ぼす影響

説明変数	平均待ち時間 情報（仮定 1）		最大待ち時間 情報（仮定 2）		最近過去待ち 時間情報（仮定 3）		情報取得経験に 関する説明変数 なし	
	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地まで の徒歩時間（分）	-0.535	-10.887	-0.546	-10.834	-0.504	-10.647	-0.499	-10.619
平均経験待ち時間（分）	-0.040	-1.156	-0.063	-2.005	-0.117	-4.241	-0.147	-5.774
情報取得経験	-0.149	-3.676	-0.065	-3.507	-0.031	-2.233	-	-
最大尤度（ $L_{\max}$ ）	-213.009		-213.822		-213.479		-220.191	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 （ $-2(L(0) - L_{\max})$ ）	200.712		199.087		199.772		186.349	
サンプル数	300							
初期尤度（ $L(0)$ ）	-313.365							
$\chi^2$ 値（自由度，有意差 判定確率）【参考値】			(4, 1%)				(3, 1%)	
			13.277				11.345	
的中率	0.774		0.756		0.744		0.742	
修正尤度比	0.317		0.314		0.302		0.294	

※斜体は有意水準 5% で非有意であることを示す

#### 4.4.3 異なる情報精度・内容下の駐車場選択行動のモデル分析

ロジットモデルを用いて駐車場選択モデルを構築し，推定結果より考察を加える．推定に用いたデータは，グループ 2～5 の最後の 10 ステップであり，全てのモデルにおいて推定サンプルサイズは 300 である．これら 2 つの意思決定が行われる地点は現実の状況下では異なるため，個別の選択行動と位置づけることとし，出発地における予定駐車場選択行動，および案内情報板から情報を取得した後の駐車場再選択行動として分析を進めた．

##### a) 出発地における利用予定駐車場選択行動

出発地における利用予定駐車場選択行動における情報精度の影響について考察を加える．説明変数としては，前節において採用した変数を利用する．

##### ① 満空情報提供時

満空情報提供時の推定結果を表 4.4.3 に示す．最下段に高精度満空情報と低精度満空情報提供時に推定された選択モデルが同一のものである，という帰無仮説に基づく  $\chi^2$  検定値を示している．これを見ると，有意水準 1% で 2 つのモデルは異なる，という結果となっている．高精度満空情報と低精度満空情報提供時の利用予定駐車場選択行動は異なっていると考えることができる．推定結果において特に顕著であるのが，低精度満空情報提供時には，情報取得経験を示す最近過去満空情報が有意水準 5% で非有意となっていることである．これより，情報精度が悪ければ，情報取得経験は出発地における利用予定駐車場選択に影響を及ぼしていない可能性が高いことがわかる．さらに，両モデルの徒歩時間に関

するパラメータ推定値はほぼ同じ値であるのに対して、平均経験待ち時間に関するパラメータ推定値は、高精度満空情報提供時と比較して、低精度情報提供時にはおよそ 1.4 倍となっており、満空情報の精度が悪い場合には、自らの利用経験に依存して利用予定駐車場選択行動を行っている」と結論づけられる。

表 4.4.3 情報精度と利用予定駐車場選択行動（満空情報提供時）

説明変数	高精度満空情報 (S2-3)		低精度満空情報 (S4-3)		両精度のデータをプー リングして推定したも	
	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地までの徒歩時間（分）	-0.648	-11.415	-0.634	-11.433	-0.690	-11.688
平均経験待ち時間（分）	-0.281	-7.969	-0.396	-9.159	-0.183	-10.426
最近過去満空情報	-0.553	-2.497	-0.124	-0.580	-0.217	-1.612
最大尤度 ( $L_{max}$ )	-200.212		-195.829		-486.152	
初期尤度 ( $L(0)$ )	-313.365		-325.529		-655.113	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 ( $-2(L(0) - L_{max})$ )	258.744		259.399		337.921	
的中率	0.822		0.811		0.708	
修正尤度比	0.389		0.395		0.256	
サンプル数	300				600	
$\chi^2$ 値（自由度，有意差判定確率）			(4, 1%)			
【参考値】			13.277			

※斜体は有意水準5%で非有意であることを示す

高精度情報提供時と低精度情報提供時においてモデル間の有意差検定に関する  $\chi^2$  検定値（自由度4） 360.446

## ② 待ち時間情報提供時

待ち時間情報提供時の出発地における利用予定駐車場選択モデル推定結果を表4.4.4に示す。再下段の  $\chi^2$  検定値より、精度の異なる情報提供下の両モデルは、有意水準 1%で異なっているといえる。個々のパラメータ推定値についてみると、高精度待ち時間情報提供時には非有意となっている、駐車場利用経験を表す平均経験待ち時間に関するパラメータ推定値が、低精度待ち時間情報提供下においては有意となっている。一方、情報取得経験を表す平均待ち時間情報に関するパラメータ推定値は、両モデルとも有意となっている。すなわち、精度の悪い情報が提供されている場合には、ドライバーは駐車場利用経験と情報取得経験から総合的に駐車場を評価しているのに対して、高精度情報提供時にはもっぱら情報取得経験により駐車場を評価していることになる。満空情報が提供されている場合には、情報取得経験に関する説明変数のパラメータ推定値が非有意となっていることから、情報の内容が高度化すれば、多少情報の精度が悪くとも情報による駐車場の知識の向上が期待できるといえる。

表 4.4.4 情報精度と利用予定駐車場選択行動（待ち時間情報提供時）

説明変数	高精度待ち時間情報 (S3-3)		低精度待ち時間情報 (S5-3)		両精度のデータをプー リングして推定したも	
	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地までの徒歩時間（分）	-0.535	-10.887	-0.422	-9.973	-0.624	-11.706
平均経験待ち時間（分）	-0.040	-1.156	-0.156	-2.425	-0.035	-1.218
平均待ち時間情報（分）	-0.149	-3.676	-0.188	-3.364	-0.148	-4.970
最大尤度 ( $L_{\max}$ )	-213.009		-230.428		-484.969	
初期尤度 ( $L(0)$ )	-313.365		-325.529		-638.894	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 ( $-2(L(0) - L_{\max})$ )	200.712		190.201		307.850	
的中率	0.774		0.800		0.693	
修正尤度比	0.317		0.289		0.239	
サンプル数	300				600	
$\chi^2$ 値（自由度，有意差判定確率）			(3, 1%)			
【参考値】			13.277			

※斜体は有意水準5%で非有意であることを示す

高精度情報提供時と低精度情報提供時においてモデル間の有意差検定に関する  $\chi^2$  検定値

166.126

## b) 情報取得後の利用駐車場再選択行動

案内情報板より情報を取得した後の駐車場再選択行動についての考察を加える。駐車場選択モデルは、説明変数として、出発地において選択した利用予定駐車場を選択する傾向が強いことを考え導入する、利用予定ダミー変数を含んだ 3 駐車場の選択モデルとして構築した。

## ① 満空情報提供時

説明変数は、駐車場から目的地までの徒歩時間、平均経験待ち時間、利用予定駐車場ダミー変数、そして満空情報である。徒歩時間や平均経験待ち時間の説明変数は、利用予定駐車場を決定する際にも利用されたものであるが、利用駐車場再選択行動の場合にも影響が大きい可能性があると考えて導入している。高精度情報提供下、低精度情報提供下、さらに両データをプーリングした推定結果を表4.4.5に示す。まず、表中再下段のモデル間の有意差検定に関する  $\chi^2$  値をみると、有意水準 1%で有意となっており高精度情報提供下と低精度情報提供下でのモデル推定結果は異なるといえる。また、個々のパラメータ推定値を見ると、低精度情報を提供している場合には満空情報に関するパラメータ推定値が非有意となっており、満空情報によって駐車場を変更することはほとんどないことがわかる。それに対して、高精度情報が提供されている場合には満空情報に関するパラメータ推定値は有意となっている。利用予定駐車場ダミー変数と徒歩時間に関するパラメータとの比をとると、徒歩時間 1 分に対して、高精度情報提供時では 7.8，低精度情報提供時では 8.8 となる。仮に精度が異なった場合でも徒歩時間の選択に及ぼす影響が等しいと仮定すれば、低精度情報提供時には利用予定駐車場をそのまま利用する可能性が高いと考えることができる。

表 4.4.5 情報精度と情報取得後駐車場再選択行動（満空情報提供時）

説明変数	高精度満空情報 (S2-3)		低精度満空情報 (S4-3)		両精度のデータをブーリ ングして推定したもの	
	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地までの徒歩時間（分）	-0.144	-3.006	-0.158	-3.231	-0.145	-4.295
平均経験待ち時間（分）	-0.138	-4.139	-0.112	-3.545	-0.128	-5.661
利用予定駐車場ダミー	1.118	6.832	1.388	8.674	1.217	10.850
満空情報	-1.141	-5.314	-0.040	-0.187	-0.637	-4.333
最大尤度 ( $L_{\max}$ )	-225.463		-211.266		-448.708	
初期尤度 ( $L(0)$ )	-329.584		-325.529		-655.113	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 ( $-2(L(0) - L_{\max})$ )	208.241		228.525		412.810	
サンプル数	300				600	
$\chi^2$ 値 (自由度, 有意差判定確率)			(5, 1%)			
【参考値】			15.086			
的中率	0.787		0.831		0.797	
修正尤度比	0.312		0.348		0.313	

※斜体は有意水準5%で非有意であることを示す  
高精度情報提供時と低精度情報提供時においてモデル間の有意差検定に関する  $\chi^2$  検定値 23.956

## ② 待ち時間情報提供時

待ち時間情報提供時の情報取得後の駐車場再選択を推定した結果を表4.4.6に示す。説明変数は、駐車場から目的地までの徒歩時間、平均経験待ち時間、利用予定駐車場ダミー変数、及び待ち時間情報の値である。まず、高精度情報待ち時間情報提供下と低精度情報提供下のモデルの比較に関する  $\chi^2$  検定値より、有意水準 1%でこの 2 つの状況下の選択行動は異なる。個々のパラメータ推定結果をみると、高精度待ち時間情報提供時には、出発地における利用予定駐車場選択モデル推定結果と同様に、平均経験待ち時間に関するパラメータ推定値が非有意となっている。情報取得後の駐車場再選択においても、利用経験の蓄積は選択にそれほど大きな影響を与えていない。その一方で、低精度待ち時間情報提供下においては、全ての説明要因に関するパラメータ推定値が有意となっており、ドライバーは自身の駐車場利用経験と取得した情報の両者を比較しながら選択を行っているといえる。満空情報提供時と同様に目的地までの徒歩時間の及ぼす影響が等しいと仮定して、待ち時間情報と徒歩時間に関するパラメータ推定値の比をとると、徒歩時間 1 分に対して、高精度情報提供時では 0.76 分、低精度情報提供時では 0.34 分となり、情報の精度が高ければ、より情報に依存した選択を行っている可能性が高い。さらに、待ち時間情報が提供された場合は、情報と経験がどちらも分単位で定義されるため、下式に基づき情報と経験の重みを表す変数  $\eta$  を低精度情報、高精度情報それぞれに対して求めた。

$$(1-\eta) \cdot w'_m + \eta \cdot I'_m \dots\dots\dots (4.4.2)$$

この結果、低精度情報提供時には  $\eta=0.377$ 、高精度情報提供時には  $\eta=0.831$  となり、高精度情報提供時には情報に大きく依存していることがわかる。以上より、低精度情報提供時にはより自身の駐車場利用経験を参考に駐車場を選択しており、一方で高精度情報が提供されている場合には、利用経験よりも提供された情報に依存しているといえる。さ

らに、低精度情報提供下における駐車場選択について、満空情報提供時と待ち時間情報提供時を比較すると、満空情報提供時には情報に関するパラメータ推定値が非有意であったが、待ち時間情報提供時には有意となっている。これより、提供情報の内容が高度化することによって、多少情報精度が悪くてもドライバーは提供情報を参考にする可能性が高いといえる。

表 4.4.6 情報精度と情報取得後駐車場再選択行動（待ち時間情報提供時）

説明変数	高精度待ち時間情報 (S3-3)		低精度待ち時間情報 (S5-3)		両精度のデータをブーリン グして推定したもの	
	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地までの徒歩時間（分）	-0.289	-5.739	-0.197	-4.975	-0.216	-7.231
平均経験待ち時間（分）	-0.045	-1.428	-0.109	-3.303	-0.085	-3.767
利用予定駐車場タミー	1.072	6.048	0.753	5.328	0.878	8.314
待ち時間情報（分）	-0.221	-8.537	-0.066	-5.362	-0.110	-9.725
最大尤度 ( $L_{max}$ )	-172.999		-241.459		-431.068	
初期尤度 ( $L(0)$ )	-285.927		-325.529		-638.894	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 ( $-2(L(0) - L_{max})$ )	280.732		168.139		415.652	
サンプル数	300		300		600	
$\chi^2$ 値（自由度，有意差判定確率）			(5, 1%)			
【参考値】			15.086			
的中率	0.831		0.757		0.781	
修正尤度比	0.445		0.254		0.324	

※斜体は有意水準5%で非有意であることを示す  
高精度情報提供時と低精度情報提供時においてモデル間の有意差検定に関する  $\chi^2$  検定値 66.438

## 4.5 情報精度の認識過程と駐車場選択に及ぼす影響

### 4.5.1 情報の認識過程を考察する意義

4.4における考察より、情報の精度が異なる場合においては、提供された情報の駐車場選択行動に及ぼす影響は異なることが明らかとなった。しかしながら、一連の分析によってその影響の差がどのように生成されるか、については分析を行っているわけではない。情報が実際の待ち時間と比較して正しかったかどうかは、どれだけのドライバーは情報を参考にし、選択を変更するかに依存する。したがって、ドライバーが選択を繰り返していく間に、情報と実際に被った混雑状況との相違によって情報の確からしさを吟味し、情報に対する信頼度をどのように更新していくかをモデル化する必要があるといえる。ここでは提供情報と実際の入庫待ち時間の差から情報に対する信頼度が変動するような行動モデルの定式化を行い、パラメータ推定結果より考察を加えることとする。

### 4.5.2 情報信頼度を内生化した駐車場選択モデル

#### a) 情報に対する信頼度の考え方

情報信頼度を考えるにあたって、離散選択モデルでの駐車場選択行動の仮定を前提に議論を進めることとした。先に推定した情報取得後の駐車場選択モデルの確定項は、次のように表現することができる。

$$V_{in}^t = \alpha_1 \cdot c_{in}^t + \alpha_2 \cdot w_{in}^t + \alpha_3 \cdot p_{in}^t + \alpha_4 \cdot I_{in}^t \dots\dots\dots (4.5.1)$$

ただし、

- $V_{in}^t$  : ステップ $t$ における個人 $n$ の駐車場 $i$ の効用確定項
- $c_{in}^t$  : 個人 $n$ のステップ $t$ における(目的地-駐車場 $i$ )間の徒歩時間(分)
- $w_{in}^t$  : 個人 $n$ のステップ $t$ までに経験した駐車場 $i$ の待ち時間平均値(分)
- $I_{in}^t$  : 個人 $n$ のステップ $t$ における駐車場 $i$ についての情報(満空情報なら「満」が1,「空」が0, 待ち時間情報なら分単位の情報値)
- $p_{in}^t$  : 個人 $n$ について、ステップ $t$ において駐車場 $i$ が出発地において選択されたものなら1, そうでなければ0をとるダミー変数(利用予定駐車場ダミー変数)

である。

ここでは、情報への信頼度が、提供された情報と実際の状況との差によって変化すると仮定する。つまり、式(4.5.1)における情報の影響をあらわすパラメータ $\alpha_4$ が変動すると仮定する。これを式で表せば、以下のようなになる。

$$\alpha_{4n}^t = \alpha_{4n}^{t-1} + f(I_{kn}^{t-1}, y_{kn}^{t-1}) \dots\dots\dots (4.5.2)$$

- $\alpha_{4n}^t$  : 個人 $n$ のステップ $t$ における情報信頼度
- $f(\cdot)$  : 関数
- $I_{kn}^{t-1}$  : ステップ $t-1$ において個人 $n$ が利用した駐車場 $k$ の情報
- $y_{kn}^{t-1}$  : ステップ $t-1$ において個人 $n$ が選択した駐車場 $k$ の実際の待ち時間

式(4.5.2)における関数形を情報内容に応じて仮定することによって、信頼度の更新過程を分析することが可能である。

#### b) 満空情報取得後の選択行動のモデル化

満空情報提供時においては、式(4.5.2)を次のように仮定した。

$$\alpha_{4n}^t = \alpha_{4n}^{t-1} + \beta_1 \cdot d_n^{t-1} + \beta_2 \cdot e_n^{t-1} + (\beta_3 + \beta_4 \cdot y_{kn}^{t-1}) \cdot f_n^{t-1} \dots\dots\dots (4.5.3)$$

ただし、

- $\beta_1 \sim \beta_4$  : 未知パラメータ
- $d_n^{t-1}$  : ステップ $t-1$ において、情報が「満」で、実際入庫するまでの待ち時間が生じていた場合は1をとるダミー変数
- $e_n^{t-1}$  : ステップ $t-1$ において、情報が「満」で、実際入庫するまでの待ち時間が生じていなかった場合は1をとるダミー変数
- $f_n^{t-1}$  : ステップ $t-1$ において、情報が「空」のときは1, そうでないときは0をとるダミー変数 ( $d_n^{t-1} + e_n^{t-1} + f_n^{t-1} = 1$ を満たす)

である。

この考え方を図に表したものが図4.5.1である。情報が「満」の時、実際の待ち時間が生じた場合、情報は選択結果と一致することになり、ある一定量 $\beta_1$ だけ信頼度が変化する。逆に、待ち時間がなかった場合は、情報は正確でなかったことになり、ある一定量 $\beta_2$ だけ信頼度が変化する、とする。一方、情報が「空」であった場合、実際の入庫待ち時間は分単位で与えられるため、情報(=0)と入庫待ち時間の差が計算できる。例えば、情報が「空」であったのに対して、実際の待ち時間が5分の場合と10分の場合には、情報信頼度の変化量は異なると考えられるため、ここでは図 4.5.1の右側のように、情報信頼度の変化量は、実際の待ち時間の値と線形関係にあるとし、その切片および傾きをそれぞれ、 $\beta_3$ ,  $\beta_4$ として

推定することとした。なお、式(4.5.3)は漸化式となっているため、次のように書き換えることができる。

$$\alpha_{4n}^t = \alpha_{4n}^0 + \beta_1 \sum_{s=1}^{t-1} d_n^s + \beta_2 \sum_{s=1}^{t-1} e_n^s + \beta_3 \sum_{s=1}^{t-1} f_n^s + \beta_4 \sum_{s=1}^{t-1} f_n^s \cdot y_{kn}^s \dots\dots\dots(4.5.4)$$

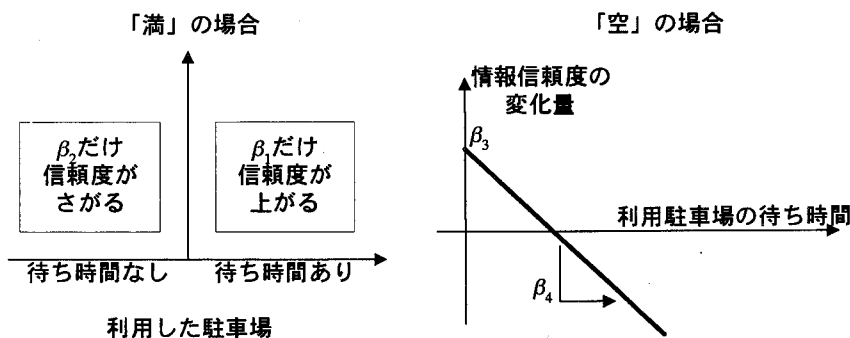


図 4.5.1 満空情報提供時の情報信頼度の変化

簡単のため、各被験者の信頼度の初期値 $\alpha_{4n}^0$ は全ての被験者間で同一の値であるとし、 $\beta_0$ とした。最終的に、効用関数の確定項は以下ようになる。

$$V_{in}^t = \alpha_1 \cdot c_{in}^t + \alpha_2 \cdot w_{in}^t + \alpha_3 \cdot p_{in}^t + \left( \beta_0 + \beta_1 \cdot \sum_{s=1}^{t-1} d_n^s + \beta_2 \cdot \sum_{s=1}^{t-1} e_n^s + \beta_3 \cdot \sum_{s=1}^{t-1} f_n^s + \beta_4 \cdot \sum_{s=1}^{t-1} f_n^s \cdot y_{kn}^s \right) \cdot I_{in}^t \dots\dots\dots(4.5.5)$$

式(4.5.5)は、通常のロジットモデルにより推定可能である。次に、各パラメータが満たすべき符号条件を整理する。満空情報に関する変数 $I_{in}^t$ は、「満」なら1、「空」なら0をとる。情報が「満」のときに実際の入庫待ち時間が生じた場合、情報は間違っていなかったとして、情報の信頼度は上昇する。つまり、情報によって駐車場の効用が減少する割合が増加することが期待されるため、情報に関するパラメータ $\beta_1$ の符号は負である必要がある。同様に、その他の未知パラメータについて符号条件を表4.5.1にまとめておく。

表 4.5.1 パラメータの符号条件

$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
-	-	+	-	-	-	+	-	+

c) 待ち時間情報取得時の選択行動のモデル化

待ち時間情報については情報が分単位で提供されるため、情報の誤差がより厳密に定義される。ここでは、図4.5.2のように仮定した。情報信頼度の変化量は情報と実際の入庫待



ち時間の差に対して線形に推移するものとし、さらに、情報が実際の入庫待ち時間より大きい場合と小さい場合で、その変化量は異なるとした。満空情報提供時のモデル化と同様に变形すると、最終的に効用関数の確定項は式(4.5.6)のようになる。

$$V_{in}^t = \alpha_1 \cdot c_{in}^t + \alpha_2 \cdot w_{in}^t + \alpha_3 \cdot p_{in}^t + \left( \begin{array}{l} \beta_0 + \beta_1 \cdot (t-1) + \beta_2 \cdot \sum_{s=1}^{t-1} g_n^s \cdot z_{kn}^s \\ \beta_4 \cdot \sum_{s=1}^{t-1} (1-g_n^s) \cdot z_{kn}^s \end{array} \right) \cdot I_{in}^t \dots\dots\dots(4.5.6)$$

$z_{kn}^s$  : 個人  $n$  のステップ  $s$  における (待ち時間情報－実際の待ち時間) の絶対値

$g_n^s$  : 個人  $n$  がステップ  $s$  の選択において、(待ち時間情報－実際の待ち時間)  $\leq 0$  なら 1, そうでなければ 0 をとる変数

この場合においても、推定は通常のロジットモデルを用いることが可能である。また、未知パラメータの符号条件は、表 4.5.1 に示したものと様になる。

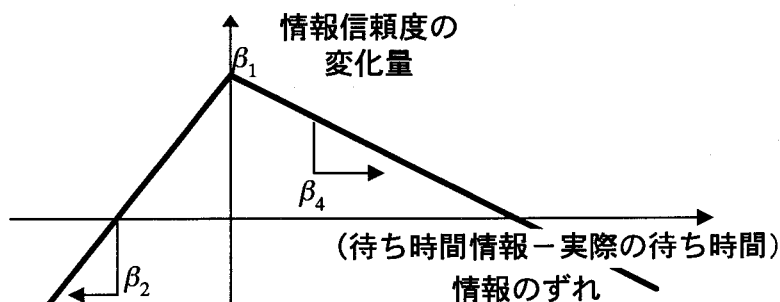


図 4.5.2 待ち時間情報提供時の情報信頼度の変化

#### 4.5.3 モデル推定結果の考察

##### a) 満空情報提供時の情報取得後駐車場再選択行動

パラメータ推定時には、満空情報が提供されたグループにおけるサンプルを全てプーリングしたため、サンプルサイズは 2,250 となった。情報信頼度の変動を考慮しない場合と考慮した場合の推定結果を表 4.5.2 に示す。なお、信頼度を考慮した場合の推定において、 $\beta_1$  は符号条件を満たさなかったため、このパラメータを除去して再度推定を行った結果を示している。信頼度を考慮した場合には、情報信頼度を表現する  $\beta_0 \sim \beta_4$  の  $t$  値はいずれも高く、5% で有意である。 $\beta_1$  の符号条件が満たされなかったことは、「満」という情報を受けて、実際駐車場を利用する際に待ち時間があつたとしても、情報信頼度の値は増加しないことを意味する。また、この推定結果より、「空」の情報が提供されている場合に、情報信頼度の変化量が 0 となる実待ち時間を計算すると 1.60 分 ( $0.118/0.074$ ) となる。空車情報に対して 1.60 分以上の待ち時間が生じれば情報信頼度が低下するという結果となっており、被験者は、提供情報に対して非常に厳しい精度を要求しているといえる。

表 4.5.2 情報信頼度を考慮した満空情報提供時の情報取得後駐車場再選択モデル

説明変数 (パラメータ名)		情報の信頼度を考慮しない		情報の信頼度を考慮	
		parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地までの徒歩時間 (分)	$\alpha_1$	-0.149	-9.334	-0.154	-9.583
平均経験待ち時間 (分)	$\alpha_2$	-0.096	-10.053	-0.097	-10.017
利用予定駐車場ダミー変数	$\alpha_3$	1.277	23.219	1.296	23.367
満空情報	$\alpha_4$	-0.911	-12.326	—	—
情報信頼度に関するパラメータ	$\beta_0$	—	—	-0.943	-7.756
	$\beta_2$	—	—	0.108	2.545
	$\beta_3$	—	—	-0.118	-4.724
	$\beta_4$	—	—	0.074	5.695
最大尤度 ( $L_{\max}$ )		-1683.351		-1660.199	
初期尤度 ( $L(0)$ )		-2471.878		-2471.878	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 ( $-2(L(0) - L_{\max})$ )		1577.053		1623.357	
的中率		0.797		0.805	
修正尤度比		0.319		0.328	
サンプル数		2250		2250	
$\chi^2$ 値 (自由度, 有意差判定確率)		(5, 1%)		(8, 1%)	
【参考値】		15.086		20.090	

b) 待ち時間情報提供時の情報取得後駐車場再選択行動

満空情報提供時の推定時と同様のプーリングを行った結果、サンプルサイズは 1,350 となった。情報信頼度の変動を考慮しない場合と考慮した場合の推定結果を表 4.5.3 に示す。的中率、修正尤度比ともに情報信頼度を考慮した場合の方が上昇している。信頼度を考慮した推定結果の  $\beta_1 \sim \beta_4$  のパラメータに対する  $t$  値は、いずれも 5% の水準で有意であり、符号条件も一致している。よって、ここで提案したモデルは、情報と実際の待ち時間との差異と情報信頼度の変化量の関係を矛盾なく表しているといえる。満空情報の時と同様に、情報信頼度の変化量が 0 になる情報の誤差を、情報が実際の待ち時間より大きいとき、小さいときに分けて求めると、情報の方が大きいとき、小さいとき、ともに 2.00 分 (0.004/0.002) となり、情報が実際の待ち時間よりも長い場合も短い場合もほぼ同等に評価しているといえる。

表 4.5.3 情報信頼度を考慮した待ち時間情報提供時の情報取得後駐車場再選択モデル

説明変数 (パラメータ名)		情報の信頼度を考慮しない		情報の信頼度を考慮	
		parameter	t-value	parameter	t-value
駐車場から目的地までの徒歩時間 (分)	$\alpha_1$	-0.236	-12.168	-0.240	-12.181
平均経験待ち時間 (分)	$\alpha_2$	-0.095	-7.032	-0.093	-6.733
利用予定駐車場ダミー変数	$\alpha_3$	0.738	10.958	0.768	11.210
待ち時間情報	$\alpha_4$	-0.098	-13.810	—	—
情報信頼度に関するパラメータ	$\beta_0$	—	—	-0.126	-9.730
	$\beta_1$	—	—	-0.004	-2.309
	$\beta_2$	—	—	0.002	2.849
	$\beta_4$	—	—	0.002	4.133
最大尤度 ( $L_{\max}$ )		-1024.850		-1007.325	
初期尤度 ( $L(0)$ )		-1446.635		-1446.635	
推定結果に関する $\chi^2$ 値 ( $-2(L(0) - L_{\max})$ )		843.569		878.619	
的中率		0.770		0.776	
修正尤度比		0.291		0.303	
サンプル数		1350		1350	
$\chi^2$ 値 (自由度, 有意差判定確率)		(5, 1%)		(8, 1%)	
【参考値】		15.086		20.090	

## 4.6 結言

本章では、繰り返し駐車場選択行動を観測可能な室内駐車場実験システムを開発し、得られたデータを用いて情報取得後の駐車場選択行動、および情報取得の経験や駐車場利用経験が選択に及ぼす影響について考察を進めた。以下に本章で得られた主たる知見を示す。

- ① ドライバーは情報提供が行われていない場合には、選択の繰り返しによって各駐車場の混雑の程度を学習し、以後の選択行動に反映する。
- ② 情報提供が行われている場合には、少なからず情報の影響を受けて駐車場を選択している。情報の即時的対応効果として位置づけられる、情報取得後の行動変更についてみれば、提供された情報の精度が高い場合や、情報の内容が高度な場合、駐車場選択はより情報の内容に依存するようになり、過去の自身の利用経験等を参考にしなくなる可能性がある。
- ③ 正確な情報は、ドライバーの駐車場環境の知識向上にも有益である。これは、情報の時間遅れ効果の一つと位置づけることが可能である。信頼できる情報を提供することによってドライバーは地域内の駐車場の特性をより正確に認識することができ、結果として駐車環境の改善につながる可能性が高い。
- ④ 情報が実際に被る入庫待ち時間と乖離することによって、ドライバーは情報を信頼せず、自身の利用経験に基づいて駐車場選択を行う傾向がある。そのため、提供する情報の質には十分注意を払う必要がある。ただし、情報の内容が高度化すれば、多少情報の精度が劣っていても、ドライバーには十分有益な情報となり、情報提供内容を高度化することは、よりよい駐車環境の構築に寄与することが期待される。

また、本章の成果を踏まえた関連する研究課題について、以下にまとめておく。

- ① 本章および第 3 章での分析によって、情報提供下の駐車行動のモデル化が行われているが、情報提供方策の効果として明らかにしたいのは、それによって、都市内の交通環境がどのように変化することが期待されるかである。ここでの駐車場選択実験は、選択結果の集合として生成される入庫待ち時間をあらかじめ実験者が設定するという形で行っているため、そのような分析を行うことができない。よって、ここで得られた駐車場選択モデルをサブモデルとした都市内交通流シミュレーションモデル等を用いて、PGI システムの導入効果を検証する必要がある。
- ② 4.5での考察により、情報が実際の交通状況と乖離した場合、情報を参照しなくなる可能性が高いことが示された。しかしながら、情報の誤差は情報提供者が明示的に設定できるものではなく、駐車場利用者が情報を参考に駐車場を選択した結果として内生的に決定づけられるものである。そのため、例えば情報提供の位置と効果の考察や、情報の更新頻度などといった、情報提供戦略による効果の違いを分析するためには、交通流シミュレーションとの結合が必要となろう。

- ③ 本章では、第3章において考察した PGI システムの導入に関するアンケート調査に基づく分析では考察することができなかった点について重点的に調査する形で実験システムを構築した。特に、駐車場選択の繰り返しによって得られる学習効果の分析について重点をおいたために、経路選択行動などを分析対象としておらず、現実の駐車行動と乖離した行動を行っている可能性があることは否めない。そのため、ここで推定された駐車行動の信憑性について検証を行う必要があるといえる。

【第4章の参考文献】

Amemiya, T (1985): *Advanced Econometrics*, Harvard University Press

Bonsall, P (1992): “The Influence of Route Guidance Advice on Route Choice in Urban Networks”, *Transportation*, **19**, pp. 1-23

Iida Y., et, al. (1994): “Experimental Analysis Approach to Analyze Dynamic Route Choice Behavior of Driver with Travel Time Information”, *Vehicle Navigation & Information Systems Conference Proceedings*, pp. 377-382

Mahmassani H. S. and Liu Y.(1995) “Commuter Pre-Trip Decisions Route Choices and En-Route Path Selection under Real-Time Information: Experimental Results”, *Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems*, pp. 1860-1864

森川高行, 山田菊子 (1993): “系列相関を持つ RP データと SP データを同時に用いた離散選択モデルの推定法”, *土木学会論文集*, **476**, pp. 11-18

宇野伸宏・飯田恭敬・久保篤史 (1997): “旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動に関する実験分析”, *土木計画学研究・論文集*, **14**, pp. 923-934



## 第5章 駐車場予約システム導入下の駐車行動分析

### 5.1 概説

本章においては駐車場予約システムに対する駐車場利用者の利用意向を明らかにすることを試みる。どのような条件において駐車場予約システムは有効に機能するのかを明らかにし、さらに、予約可能な駐車場と予約を受け付けていない駐車場が存在する場合の駐車場の選択行動についてのモデル化を試みる。

駐車場や他の交通施設に対して予約制を導入するという試みが実際された事例は、それほど多くない。ただし、明らかに駐車容量に対して需要が過剰となることが予想される、大規模なイベントの際に実施された例が報告されている。Post et. al (1985)によれば、1984年に実施された第23回オリンピック開催時において、開催地である Los Angeles で導入されている。このときに導入されたシステムは、Park & Bus Ride システムの一貫として導入されたもので、予約料金として 1.00\$ を支払う代わりに、郊外の駐車場に駐車する権利と、会場までのバスの座席に座る権利を獲得するものである。それに対して、交通管理者側はあらかじめバスの乗客の需要が把握できるため、バスの配置を事前に検討できること、駐車需要を超える場合に、代替案として他の駐車場や時間帯を指定するために、駐車需要、バス乗車需要を平滑化することができること、などのメリットを享受する。予約は電話及び専用の予約窓口において受け付けた。この結果、利用者が時間的に分散されたことによって、混雑が緩和されたこと、バスのスケジューリングによって、150,000\$ が節約できたことが報告されている。

駐車場予約システムを対象とした研究もいくつか見られる。Hilton(1989)は、駐車場予約システム導入をひとつの駐車場運営方策として位置づけ、システム運用のために考慮しなければならない点を整理している。起こりうる様々な局面に対して駐車場管理者のとりうる行動を整理し、特に利用者の行動の不確実性を減少させ、より効率的に予約駐車場を利用するために、駐車料金の弾力的な運用が重要であることを指摘している。なお、この論文は駐車場予約システム導入にあたっての検討課題の概念的整理にとどまり、駐車場予約システム導入効果等の分析については行っていない。

駐車場予約システムによる道路交通状況改善について分析を行った研究としては、Minderhoud and Bovy (1995)によるものがある。彼らは、適切な駐車管理を実現するための Dynamic Parking Management System を提案しており、その中心となるのが駐車場予約システムである。このシステムの特徴は、1)都心部に流入する車両はすべて必ず予約しなければならないこと、2)都心部の駐車場所を予約していない車両は都心部へ流入できないこと、3)駐車料金は、過去の駐車場利用の履歴を考慮して需要が多い時間帯は高く、そうでないと

きは低く設定すること、の3点である。提案したシステムの有効性を確認するために、プロビット型のトリップ発生／交通機関選択／都心部流入地点／駐車場選択を仮定し、それをシミュレーションモデルのインプットとして分析を進めた。Bussum（オランダ）のネットワークにおけるケーススタディの結果、トリップ発生量が増加し、都心部流入交通需要が、通過交通排除の分を差し引いても減少するという知見を得ている。また、予約していた時間よりも早く駐車場に到着する車のための駐車スペースや、予定より遅れて出庫する車のための駐車余裕スペースが、システムのパフォーマンスに大きな影響を及ぼすことを指摘している。この研究においては、ドライバーの行動モデルを便宜上仮定しており、設定したパラメータの妥当性の検証が行われていないこと、都心部全域を予約対象としており、通過車両を完全に排除することについての現実性が希薄であること、などが問題点としてあげられる。

上記のように、予約駐車場システムについての研究はいくつかみられるものの、システム稼働下のドライバーの意思決定についての分析はほとんど行われていない。よって、ここでは、駐車場予約システム導入下の交通行動を、主にSP（Stated Preference）調査を通じて分析した。

## 5.2 駐車場予約システムの実現可能性

駐車場予約システムを平常時に導入している地域はほとんどないため、ここでは仮想的な質問によって調査を進めた。第3章の分析で用いた茨木市駐車場利用パネル調査の第1回、第2回窓口調査時において、駐車場予約システムの実現可能性に関する意向調査を行った。駐車場予約システムを、「あらかじめ家を出発するときに電話で駐車スペースの予約をしておくことができ、駐車料金は通常の場合より割り増しになるが、待たずに利用できるという長所がある」と説明し、それに対する利用者の評価を質問した。上記の質問に加えて、第2回窓口調査時においては、「料金次第では利用する」と回答したサンプルに対して、駐車料金が何割増しまでなら利用するか、という質問も行った。これらのデータを用いて、駐車場予約が果たして実現可能かどうかの分析を試み、さらに詳細なSP調査を設計するための基礎情報とすることとした。集計結果を図5.2.1に示す。なお、集計は、調査曜日ごとに異なる反応を示す可能性を考慮して、平日・休日に分類して実施している。

図5.2.1より、およそ40%程度のサンプルが、「料金次第で利用する」と回答しており、平日と比較して休日の方がその割合は多い。これは、茨木市周辺の駐車場の混雑が、平日と比較して休日の方が激しく、より混雑が激しい状況下において、予約駐車場が受け入れられやすいことを示唆する結果といえる。また、「アイデア自体はおもしろい」と回答しているサンプルを含めると、70%以上のものが駐車場予約システムに対して興味を示している。その一方で、「整備されてもまず利用しない」と回答しているサンプルは、およそ10%程

度であり、駐車場予約システムが導入された際には、ある程度の利用が見込まれることがうかがえる。第2回窓口調査において質問した、料金の割増率の集計結果を図5.2.2に示す。これより、平日、休日ともに、1割もしくは2割程度の割増であるなら利用する、というサンプルが非常に多く、全体の70%を占めることがわかる。このような料金に設定したときには、おおよそ全駐車場利用者の30%程度の利用が見込める。

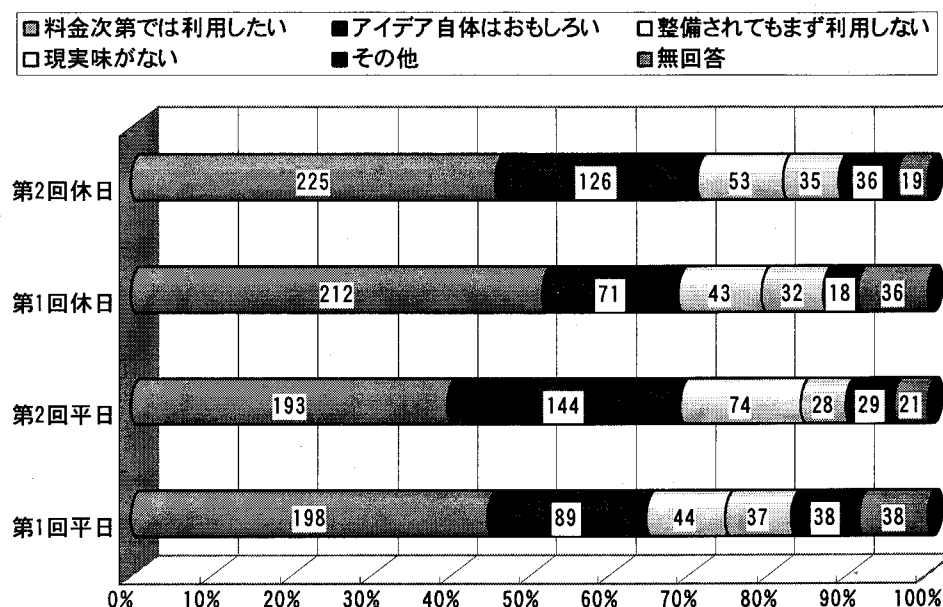


図 5.2.1 駐車場予約システムの利用可能性

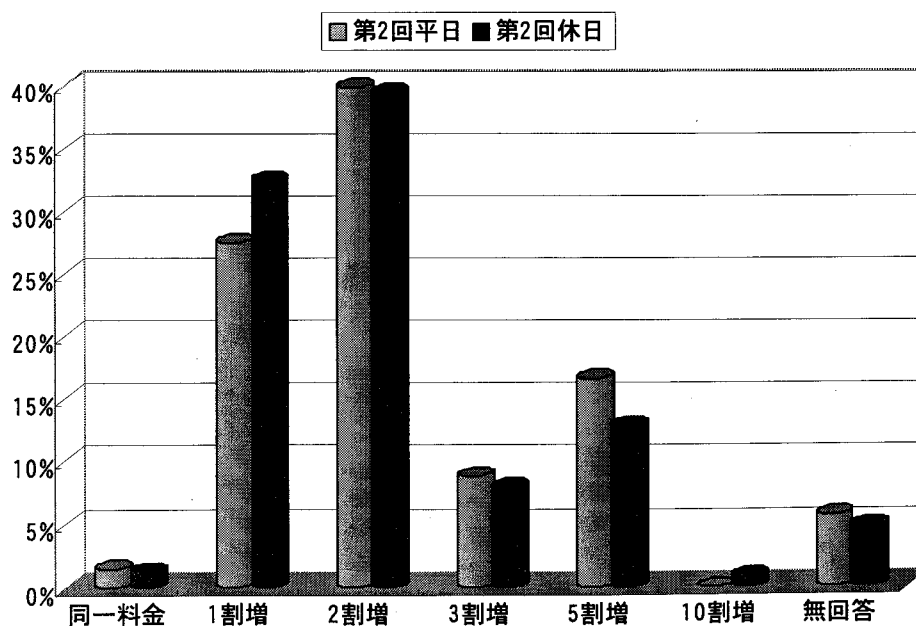


図 5.2.2 予約駐車場利用時の料金割増



### 5.3 駐車場予約システムの利用意向

#### 5.3.1 質問項目の設定

適切な料金条件を設定した際には予約駐車場の利用が見込まれることが明らかとなったが、トリップ目的やその他の要因によって、利用意向がどのように変化するかを明らかにするためには、より詳細な分析を行うことが必要である。そのため、トリップ目的、予約制でない駐車場（以下一般駐車場と称する）の混雑具合、到着時刻制約の有無によって駐車場予約システムの利用意向がどのように変化するかについて分析を行う。第5回パネル調査時に、様々な仮想状況下における予約駐車場を利用するかどうかを質問しており、このデータを用いて分析を進める。

質問の際に設定したトリップ条件を表5.3.1に示す。各被験者に対して、8通りすべての質問を行い、それぞれの状況下において予約するか否かを質問している。また、条件設定のみでは、被験者が具体的な状況を想像することが難しいと考え、同表に併せて示しているトリップ状況の具体例についても調査票に示した。料金割増率と予約意向の関係であるが、ここでは25%増し（1時間250円）、50%増し（1時間300円）、75%増し（1時間350円）の3水準を設定し、3種類の調査票を作成することとした。各被験者においては、すべての質問パターンにおいて、駐車料金割増率が一定となっている。駐車時間は2時間を想定し、予約システムは、次のようなシステムとして被験者に説明している。

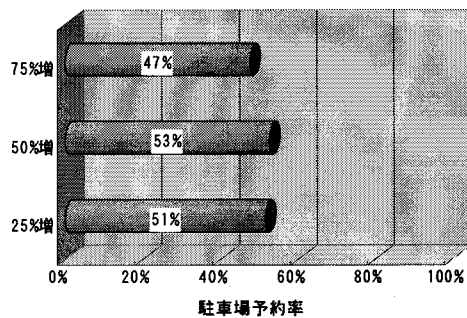
- 1) 予約システムの利用は会員制である。
- 2) 予約だけして利用しなかった場合には、予約していた分の料金を全額支払わなければならない。
- 3) 予定していた入庫時刻に遅れてしまった場合には予約していた時刻から料金がかかる。

表 5.3.1 予約意向調査におけるトリップ設定

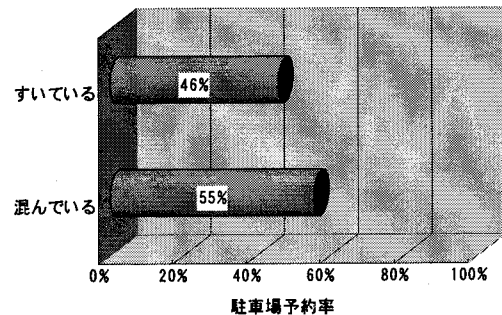
トリップ目的	駐車場の混雑	到着時刻制約	トリップ状況の具体例
自由	すいている	あり	平日、上映開始時刻の分かっている映画を見に行く場合
自由	すいている	なし	平日、日用品の買い物に行く場合
自由	混んでいる	あり	土曜の午後に予約していたレストランに食事に行く場合
自由	混んでいる	なし	紅葉の季節に紅葉の名所である観光地に行く場合
業務	すいている	あり	平日の午前中、仕事で大切な打ち合わせの予定があって出かける場合
業務	すいている	なし	平日の午前中、仕事の外回りで銀行等に行く場合
業務	混んでいる	あり	大勢の人が集まるセレモニーに仕事で出席しに行く場合
業務	混んでいる	なし	休日の昼間、仕事で街なかの事務所へ行く場合

### 5.3.2 駐車場予約意向の集計的考察

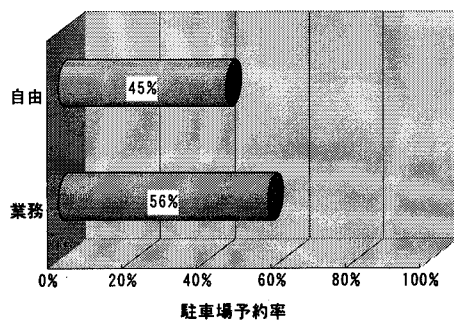
駐車料金の割増率（25%、50%、75%）、トリップ目的（自由、業務）、一般駐車場の混雑具合（すいている、混んでいる）、到着時刻制約（あり、なし）、それぞれについて、カテゴリーごとにサンプルを分類し、グループごとに駐車場を予約したサンプルの割合を計算したものが図5.3.1(a)～(d)である。駐車料金の割増率については、すべてのケースにおいて予約率が50%程度であり、駐車料金が異なることによる明確な差異はみられなかった。このような結果となった要因としては、一個人につきいずれかの割増率となっていたため、被験者が駐車料金の割増率を明確に認識していなかったことがあげられる。トリップ目的についてみると、自由目的と比較して業務目的で駐車場を利用する場合の方が、駐車場予約を行う可能性が高い。一般駐車場の混雑具合と駐車場予約率との関連をみると、混雑していない状況においては46%である駐車場予約率が、混雑している状況においては55%となっており、周辺の予約制でない駐車場が混雑していると、より予約駐車場を利用する傾向にあるといえる。さらに、目的地への到着時刻制約の有無については、到着時刻制約がある場合には70%程度の予約率であり、ない場合には31%程度である。以上より、業務目的が多く、到着時刻に制約があり、駐車場混雑が激しい地域においては、駐車場予約システムが多く利用されることが期待される。



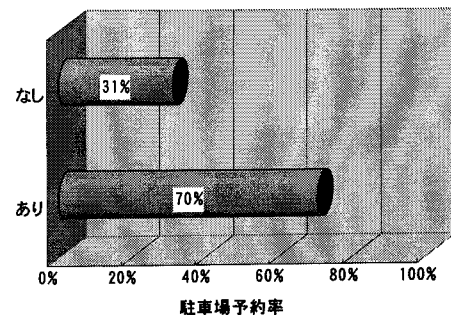
(a) 駐車料金割増率



(b) 一般駐車場の混雑度



(c) トリップ目的



(d) 到着時刻制約

図 5.3.1 トリップ条件と駐車場利用率の関連性

### 5.3.3 トリップ条件間の交互作用の考察

5.3.2での考察の結果、駐車料金を除いた 3 要因は、駐車場予約意向に影響を及ぼしている可能性が高いことが示唆された。ここでは、これらのトリップ要因の影響が統計的に有意差を有しているのか、さらに、条件間の相互作用によって駐車場利用意向に大きな影響を及ぼしているかを、分散分析を用いて検証した。

表5.3.2に分散分析の結果を示す。F 値より求められる有意差判定確率をみると、駐車料金の割増率については有意水準 5%では非有意となるが、それ以外の要因は有意である。交互作用についての検定結果をみると、料金割増率に関する全ての交互作用、およびトリップ目的と一般駐車場の混雑度の相互作用が非有意となっている。一方、到着時刻制約の有無とトリップ目的の相互作用に関する有意差判定確率が非常に大きく、駐車場予約意向に大きな影響を及ぼしている可能性が高いことがわかる。

表 5.3.2 予約駐車場利用意向に関する分散分析

因子		変動	自由度	分散	F	有意差判定確率
全体平均		806.062	1	806.062		
駐車料金の割増率		1.492	2	0.746	1.654	0.192
到着時刻制約の有無		122.122	1	122.122	270.698	2.003E-58
トリップ目的		10.001	1	10.001	22.169	2.604E-06
一般駐車場の混雑度		7.486	1	7.486	16.594	4.744E-05
交互作用	割増率×到着時刻制約	0.578	2	0.289	0.641	0.527
	割増率×目的	0.374	2	0.187	0.414	0.661
	割増率×混雑度	0.127	2	0.064	0.141	0.868
	到着時刻制約×目的	792.001	1	792.001	1755.560	1.441E-305
	到着時刻制約×混雑度	4.395	1	4.395	9.742	0.002
	目的×混雑度	0.920	1	0.920	2.040	0.153
残差		1422.440	3153	0.451		
計		3168	3168			

\*網掛けは有意水準5%で非有意

### 5.3.4 予約駐車場利用意向に関する定量的分析

数量化理論Ⅱ類を用い、個々の要因がどれほど影響を及ぼし、影響要因の大きさを定量化することとした。外的基準を予約する、しないの 2 水準としトリップ条件をアイテムとして利用予約意向モデルの構築を行う。

予約駐車場利用意向モデルの推定結果を図5.3.2に示す。サンプルスコアの平均値をみると、「予約する」が 0.418, 「予約しない」が-0.426 となっており、カテゴリースコアが正であれば予約する傾向にあることを意味する。レンジおよび偏相関係数の値より、予約駐車場利用意向にもっとも大きな影響を及ぼすのが到着時刻制約であり、駐車目的、混雑度がそれに続くことがわかる。一方、駐車料金の割増率についてはレンジおよび偏相関係数も小さく、さらに割増率の増加に対してカテゴリースコアの変化が割増率に対して単調増加となっていない。駐車料金の割増率が大きな影響を及ぼしていないといえる。

アイテム	カテゴリー	例数	カテゴリースコア		レンジ	偏相関係数
駐車料金割増率	25%増	1080	0.098	0.045	0.241	0.048
	50%増	1040				
	75%増	1048		-0.143		
到着時刻制約	あり	1584	0.930		1.861	0.397
	なし	1584		-0.930		
トリップ目的	業務目的	1584	0.266		0.532	0.123
	自由目的	1584		-0.266		
混雑度	大変混雑	1584	0.230		0.461	0.107
	やや混雑	1584		-0.230		
相関比			0.178			
サンプルスコアの平均値	予約する		0.418			
	予約しない		-0.426			

図 5.3.2 数量化理論Ⅱ類による予約駐車場利用意向モデル

本節においては、予約駐車場利用意向がトリップ条件によってどのように変化するか分析を試みた。その結果、目的地への到着時刻制約があり、なおかつ業務目的であるような場合に、特に予約駐車場の利用意向が高まることが明らかとなった。大都市の都心部においてはこのような条件に合致するような地域が存在しており、そのような地域においては、予約駐車場システムを導入することによって駐車状況の改善が期待されるといえる。

## 5.4 駐車場予約システム導入下の駐車場選択

5.3において推定したモデルは、例えば電話やパソコンを用いて駐車場の予約が可能であったとき、システムにアクセスして予約駐車場を検討するかどうか、の意思決定を表現したものといえる。それに対して、目的地と駐車場の位置関係等により、予約駐車場を実際利用するかどうかは異なる。本節においては、駐車場選択において大きな影響を及ぼす徒歩時間などの具体的な条件が与えられているときに、予約駐車場を利用するか、それとも一般駐車場を利用するかの選択をモデル化することにする。第5回パネル調査において行った駐車場予約システム導入下の駐車場選択に関する質問を利用して分析を進める。

### 5.4.1 質問の設計

利用駐車場を選択する際の要因として、駐車料金、目的地までの徒歩時間、一般駐車場について経験的に認識している入庫待ち時間（平均入庫待ち時間）、の3つを考え、それらの値により予約駐車場、一般駐車場のどちらを選択するか、を質問した。各要因について設定した値を表5.4.1に示す。駐車料金は、一般駐車場を1時間200円とし、予約駐車場については250円、300円、350円を想定した。目的地までの徒歩時間については、2つの駐車場の徒歩時間差が-3分、0分、3分になるような組み合わせを3水準用意した。平均待ち

時間については、予約駐車場は必ず 0 分であると仮定し、一般駐車場については 10 分、20 分、30 分の 3 水準を準備した。各因子の水準の組み合わせ全てについての質問を全ての被験者に質問するとすると 27 通りとなり、回答に対する負担が大きく、回収率や回答精度に問題が生じる可能性がある。そのため、ここでは各要因の水準の組み合わせについては実験計画法を利用することにした。表 5.4.2 に示す  $L_9(3^4)$  の直交表にブロック要因、料金、徒歩時間差、平均待ち時間をそれぞれ割り付け、ブロック要因によって調査票を 3 種類に分類した。これより、1 被験者あたり 3 ケースの駐車場選択について回答することになる。なお、駐車目的は第 5 回調査時の行動（RP 調査）についての質問において被験者が回答した際と同じと仮定している。

表 5.4.1 予約駐車場・一般駐車場選択 SP 調査の因子水準

水準	予約駐車場の料金	目的地までの徒歩時間			予約制なし駐車場の平均的な入庫待ち時間
		予約制駐車場	予約なし駐車場	(徒歩時間差)	
1	一時間250円	3分	6分	(-3分)	10分
2	一時間300円	3分	3分	(0分)	20分
3	一時間350円	6分	3分	(+3分)	30分

表 5.4.2 直交表  $L_9(3^4)$

因子	ブロック要因 (調査票の種類)	予約駐車場の料金	目的地までの徒歩時間	平均的な待ち時間
No. \ 列番	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

#### 5.4.2 予約・一般駐車場選択モデル

ドライバーは合理的な選択行動を行っていると仮定し、ロジットモデルを用いて予約・一般駐車場選択のモデル化を試みた。推定に際しては、第 3 章と同様に、サンプルアトリッションを考慮する。アトリッションモデルに必要な個人属性や、駐車場選択モデル構築の際に採用した説明要因に関する回答について不備のないサンプルを抽出した結果、386 サンプル（1,158 回答）が得られた。モデルの被説明変数は予約駐車場・一般駐車場の二項選択であり、説明変数としては、上記の SP 調査において用いた 3 要因に加え、予約駐車場に関する選択肢固有ダミー、ドライバーの日々の利用曜日によって行動が異なることを考慮

して、第2回調査時の利用曜日ダミー（平日であれば1をとる）、トリップ目的の中でも、業務の目的をグループ化した業務目的ダミーを加えた。それら6つの説明要因によって利用者の駐車場選択の説明を試みる。

表5.4.3に推定結果を示す。パラメータの有意性を示す $t$ 値をみると、平日ダミーおよび業務目的ダミーについての $t$ 値は大きくなく、有意水準5%ではゼロと異なるとはいえない。それに対して、駐車料金、徒歩時間、一般駐車場の待ち時間、予約駐車場ダミー変数の $t$ 値は高く、これらが駐車場選択に及ぼす影響は大きい。徒歩時間と待ち時間のパラメータを比較すると、徒歩時間に対して入庫待ち時間のパラメータの方が小さく、ドライバーは待つことよりも歩くことを敬遠するという傾向にある。また、予約駐車場ダミーに関するパラメータ推定値は他の推定と比較して値が大きく、またその符号も負であることから、ドライバーは基本的には予約駐車場を利用しない、という傾向にあると結論づけられる。パラメータ値の比較より、その他の条件が全て同じとして、一般駐車場への徒歩時間が6.34分予約駐車場より長い場合、一般駐車場の入庫待ち時間が11.1分である場合には、予約駐車場と一般駐車場の効用が等しくなる。

表 5.4.3 予約・一般駐車場選択モデル

	パラメータ	$t$ 値
予約駐車場ダミー	-1.039	-5.384
平日ダミー(予約駐車場)	0.152	1.410
業務目的ダミー(予約駐車場)	0.215	1.316
料金 (円/h)	-0.010	-8.233
徒歩時間 (分)	-0.164	-7.771
待ち時間 (分)	-0.094	-13.545
サンプル数	1158	
L( $\theta$ )	-1050.365	
L(c)	-1409.576	
-2(L(c)-L( $\theta$ ))	718.421	
適中率	0.636	
修正 $\rho^2$	0.139	

\*網掛けは5%で非有意

## 5.5 結言

本章においては、駐車場予約システムの導入を検討するにあたって明らかにすべき、駐車場利用者の予約駐車場の予約意向分析、および予約駐車場と一般駐車場が存在する場合の駐車場選択行動のモデル化を行った。以下に得られた知見をまとめる。

- ① 第1回および第2回窓口調査で質問した予約駐車場に関する評価についての集計結果より、「料金次第で利用する」と回答したサンプルが40%程度存在し、利用条件を適切に設定することによって予約駐車場が実現可能であることが明らかとなった。また、およそ

2割程度の割増率であるなら、全駐車場利用者の30%程度が利用することが見込まれる。

- ② 数量化理論Ⅱ類を用いた予約意向モデル推定結果より、特に到着時刻に制約がある場合、周辺の予約制でない駐車場が混雑している場合、トリップ目的が業務であるような場合には、特に予約駐車場の利用が期待され、そのようなトリップ条件の交通が比較的多い都市で、駐車場混雑が激しい地域および時間帯においては駐車場予約システムが有効に機能する可能性が高いことが明らかとなった。
- ③ 予約・一般駐車場の選択モデル推定結果より、予約駐車場は、基本的には一般の駐車場と比較して利用されにくい状況にあるが、推定されたパラメータの比を計算することによって、一般駐車場への徒歩時間が6.34分予約駐車場より長い場合、もしくは一般駐車場の入庫待ち時間が11.1分である場合には、予約駐車場と一般駐車場の効用が等しくなり、それより一般駐車場の条件が悪い場合には、予約駐車場の方が利用されやすい、という結果となった。

上記のような知見が得られた一方で、残された課題も多い。まず、アンケート調査においては、複雑な質問を行うことが容易ではないため、ここでは駐車場の選択に限って質問し、分析を行った。しかしながら、駐車場予約システムを時間的な交通需要分散のための施策として位置づけるならば、出発時刻の調整といった視点からシステムの有効性を検討する必要があるだろう。より様々なケーススタディを通じて駐車場予約システムの導入効果やシステムの運営方針について、検討を加えていく必要がある。

#### 【第5章の参考文献】

- Hilton, I. (1989) Advance Booking for Parking : essential provision to serve town centre access by car, *Traffic Engineering and Control*, **30**(9), pp. 418-422
- Minderhoud, M. and Bovy, P. (1995), A Dynamic Parking Management System for City Centres, *Proceedings of the 2nd Erasmus-network conference on Transportation and Traffic Engineering*, September, 1995, pp. 183-194
- Post, P., Parry, S., and Spivack, G. (1985), Olympic Park-and-Ride Advance Reservation System, *Transportation Research Record*, **1045**, pp. 1-8

## 第6章 交通流シミュレーションを用いた高度駐車管理システムの導入効果分析

### 6.1 概説

第3章より第5章までの考察によって、PGIシステム及びPRシステム導入下の駐車場選択行動のモデル化を行った。強制力を持たないソフト的な交通施策評価の際には、利用者の行動が重要な計画パラメータである一方で、施策を評価する際に必要となるのは、都市内の混雑が改善されるのか、総所要時間が減少するのか、といったマクロ的な指標である。よって、交通行動モデルに基づく意思決定の結果を道路ネットワークレベルでの評価指標に集計するためのツールが必要となる。このような分析を行う場合の方法として、均衡配分などのネットワーク理論に基づくものと、道路交通状況をコンピュータ上で再現した動的交通流シミュレーションモデルを利用するものが考えられる。ネットワーク理論を用いた方法は、確立された理論的背景に基づくものであり、得られた結果の一意性等、様々な利点はあるものの、動的に交通流を取り扱うという点ではまだそれほど多くの研究蓄積がない。本研究で分析対象としている情報提供などの手法は、時々刻々変化する交通状況に応じた交通管理方策という点で、動的な交通流の取り扱いが必須となる。そのため、ここでは動的交通流シミュレーションモデルを用いて高度駐車管理システムの導入効果について分析を加えることとする。

近年のコンピュータ性能の飛躍的な向上と、簡易かつ高速なコンピュータ言語の発達により、多くのシミュレーションモデルが提案されパッケージ化されている。交通流シミュレーションモデルは、大きく分けて車両をある程度の大きさの車群に分けることによって、交通量－密度関係や密度－速度関係を用いて車両移動を表現する、マクロシミュレーションモデルと、追従理論等を利用して車両一台一台の挙動を表現する、マイクロシミュレーションモデルとに分類される。マクロシミュレーションモデルの代表的なものとしては、SATURN(Hall, et. al, 1991)などが、マイクロシミュレーションモデルとしては、Paramics(Cameron, et. al, 1993)などがあげられる。本研究で取り扱う駐車場選択及びそれに関連する行動を分析すること、個人個人でその影響が異なる可能性が高い情報提供に関する分析を行うことを考えれば、少なくとも一台一台の車両が、個々の意思決定を行う必要がある。また、都市内道路がシミュレーション対象となるため、道路容量は、密度－速度関係といったマクロな交通量特性よりも、信号交差点や、他の車両等のミクロな交通特性により決定づけられる。よって、マイクロシミュレーションモデルを用いて分析を進めることとした。全世界におけるマイクロシミュレーションモデルの整備状況調査については、ヨーロッパで SMARTTEST プロジェクトにより精力的に行われており、32種類のマイクロシミュレーションモデルについて包括的なレビューが行われている(Bernauer, et. al, 1999)。



SMARTTEST によれば、駐車車両を考慮可能で、かつ parking guidance の設定が可能なものはわずかに 1 種類であった。本章の考察目的は、一連の研究によって明らかとなった駐車場選択モデルをサブモデルとして実行可能な動的交通流シミュレーションモデルによる PGI システムおよび PR システムの導入効果を検討することである。特に、過去の駐車場利用経験が駐車行動に及ぼす影響を明示的に表現可能となるように行動モデルを拡張できるような設計であることが望ましい。しかしながら、現在存在するパッケージ化されたシミュレーションモデルにおいては、パラメータの設定値等を変更することができても、意思決定のモデル構造自身を自由に変更できるものはほとんどない。より柔軟な解析が可能であり、将来的に多くの交通状況対応型交通施策の効果把握が可能となることを考慮し、マイクロ交通流シミュレーションモデルを構築することとした。モデル要件は、可能な限り交通流表現を簡略化し、交通施策評価について十分なケーススタディが実行できるような速度を保つこと、都市内交通流において考慮する現象を全て表現可能なこと、自由に意思決定モデルを変更できること、である。特に、本研究で構築している意思決定モデルは過去の駐車場利用履歴より利用駐車場が決定されるため、日内 (with-in day) 動的モデルであることに加えて、日間 (day-to-day) 動的モデルであることが必要である。

交通流シミュレーションモデルを用いて動的交通情報の評価を試みた既存の研究は多く存在するが、それらの多くは所要時間情報や渋滞情報など、道路交通情報を対象としたものである。例えば、飯田ら (1996) は、経路情報を参照するドライバーの比率が高ければ、情報の有利な道路に需要が集中し、結果的に情報提供を実施しない場合より交通状況が悪化しうること、情報を利用するドライバーの享受する便益は、情報利用率が上昇するにつれ逓減すること、などの知見を得ている。また、本研究での対象のひとつである駐車情報提供について、交通流シミュレーションを適用した研究事例も散見される。Kagesawa & Takaba (1994) は、簡単な交通流シミュレーションと、マルコフ過程的な意思決定行動を仮定することによって、高速道路の連続したサービスエリアに対して駐車場情報提供を行った場合の効果を試算している。この研究においては、情報提供によって複数の駐車場をあたかもひとつの大きな駐車場として取り扱うことが可能である、交通需要が駐車場容量に近い値であると情報提供の効果はほとんどない、情報提供の位置が重要なファクターである、などの知見を得ている。また、朝倉の一連の研究 (朝倉ら, 1995; Asakura, 1996; 杉野ら, 1998; 朝倉, 2000) においては、アンケート調査に基づくドライバーの駐車場選択行動モデルをサブモデルとして内包している交通流シミュレーションモデルを構築し、それを用いて情報利用率とドライバーの目的地までの所要時間との関係や、駐車情報の提供位置について検討を加えている。一連の研究より、情報提供の効果について、満空情報提供時にはおおそ情報利用率が 50% 程度までは効果的であること、情報を利用しないドライバーの平均入庫待ち時間も減少すること、混雑が激しい場合には、満空情報より入庫待ち時間情報の方が効果的であること、などが明らかとなっている。また、情報提供の位置によ

って、提供効果が異なることが知見として示されている。本研究の手法は朝倉の研究と類似したものであるが、駐車場の利用経験を考慮している点、都市内を通過する車両を考慮している点、交差点での挙動をより詳細に表現している点が特徴的であるといえる。

駐車場管理システム導入効果について、Piet and Bovy (1995) は、動的な駐車料金、都心部の流入規制、などと統合した、Dynamic Parking Management System の一部として提案し、交通流シミュレーションによってその効果を確認している。彼らの提案しているシステムは、都市全体をひとつの大きな駐車エリアと位置づけ、全ての流入車両に対して駐車場の予約を義務づけることによって、通過車両や違法路上駐車のを排除をめざしたものである。この研究の特徴的な点として、トリップ生成モデルも需要サブモデルの一つとして組み込まれており、サービス提供内容によっては都心部への総来訪者数も変化することがあげられる。オランダの Bussum におけるケーススタディ計算により、都市内への来訪者数はほとんど変わらないものの、自動車での来訪が 30%程度減少すること、予定時刻に出庫しない車両等のために設ける駐車容量の余裕がシステム全体のパフォーマンスに大きな影響を及ぼすことなどが知見として得られている。この研究の問題点としては、行動モデルのパラメータについて確たる根拠がないこと、全ての駐車場を予約制とし、通過車両を全く排除することという、若干非現実的な状況を想定していること、などがあげられる。ここで構築するシミュレーションでは、予約制の駐車場と一般駐車場を混在させている点、通過車両を明示的に考慮している点、情報提供との複合効果を検討している点、などが相違点である。

本章の構成は以下の通りである。まず、6.2においては、ここで構築したマイクロ交通流シミュレーションモデルについて、その設計方針と概略について説明する。6.3においては、以降のケーススタディを通じて共通に設定した事項について説明しておく。6.4では、シミュレーションモデルの動作確認と、その後の PGI システム、PR システム導入効果検討の際の比較対象ケースとして、PGI システム、PR システムが存在していない状況での交通流シミュレーションモデルの計算結果を考察する。6.5においては、構築したシミュレーションモデルを用いて PGI システムの導入効果について量的把握を試みる。さらに、6.6においては、PR システムの導入効果について言及する。6.7では、PGI システムと PR システムを統合的に取り扱う高度駐車管理システムを考え、両システム導入の相互効果について検討を加える。最後に、6.8においては、本章で得られた結果をまとめるとともに、今後の課題及び発展性について述べる。

## 6.2 マイクロ交通流シミュレーションモデルの構築

### 6.2.1 交通流シミュレーションモデルの特徴

ここで構築シミュレーションモデルは、本研究で導入効果を分析する PGI システム及び PR システム導入下の交通行動を表現可能で、なおかつ駐車問題に起因する交通状況変化を観測できるものである必要がある。以下に、シミュレーションモデルが持つべき機能を列挙する。

- (1) 情報提供地点及び駐車場予約システムへのアクセス地点をシミュレーション実施者が任意に設定可能である、
- (2) 情報提供による交通行動変化を表現する任意の意思決定モデルを内包することが可能である、
- (3) 過去の経験を蓄積し、それをその後の選択行動に活用する、という日々の知識更新行動を表現可能である、
- (4) 駐車場における入庫待ち行列や、都市内の徘徊交通を表現、評価可能である、
- (5) 信号交差点や右折車線等の詳細な影響を考慮することが可能である、
- (6) 都市内を通過する交通を考慮することが可能である。

上記の機能を兼ね備え、なおかつ構築したシミュレーションモデルの再生産性を高めるために、ここではオブジェクト指向型の言語を用いてモデルを構築することとした。シミュレーションモデル構築において利用した言語は、Borland 社製の Delphi である。

### 6.2.2 交通流シミュレーションモデルの全体像

交通流シミュレーションモデルの全体像を図6.2.1に示す。構築する交通流シミュレーションモデルは、個人の意思決定を表現する意思決定サブモデルと、車両移動サブモデル、駐車場管理サブモデル、経験更新サブモデルの 4 つのサブモデルで構成される。意思決定サブモデルは、主として駐車場選択行動を表現したものである。車両移動サブモデルによって得られる交通状況、駐車場管理サブモデルから得られる駐車場情報および予約駐車場の利用状況をもとに利用駐車場を決定する。その他に、経路選択モデル、出発時刻選択モデルが内包されている。本研究においては、意思決定構造が明らかとなっていないため、路上駐車は研究対象外としている。車両移動サブモデルは、ネットワーク上の交通状況を記述しており、交通結節点を表すノードと道路を表すリンクで構成される。ノードは、交通需要の発生集中地点であるセントロイド、交差点、および駐車場により構成されている。駐車場管理サブモデルは、駐車場情報を提供する場合には、駐車場の利用状況を元に案内情報を作成しドライバーに提供する。駐車場予約システムもこのサブモデルに含まれ、各予約駐車場の予約状況を管理し、意思決定サブモデルからの問い合わせに応じて予約駐車場の利用状況を返答し、ドライバー意思決定に従って予約状況を管理している。最後に、

経験更新サブモデルとは、駐車場や情報の取得経験を表現する変数を更新するものであり、次の日以降の意思決定に反映される。

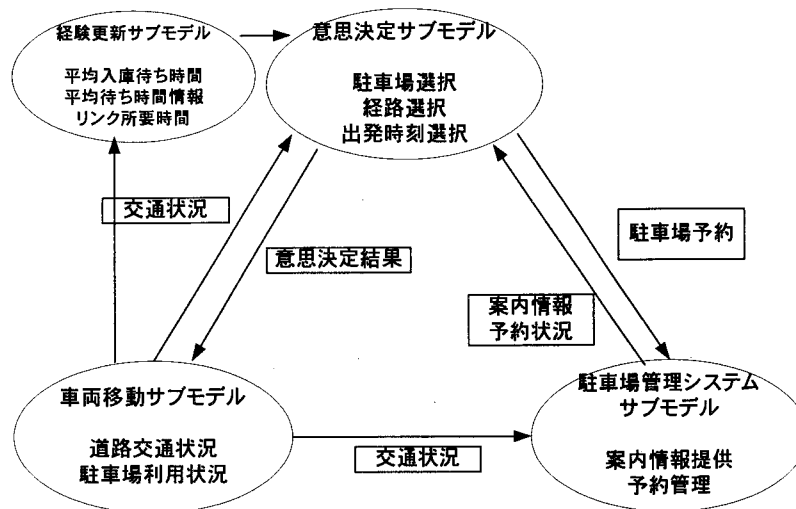


図6.2.1 交通流シミュレーションモデルの全体像

### 6.2.3 車両の移動

車両は、対象ネットワーク内に目的地を持ち、駐車場を利用する駐車車両と、対象ネットワークを通過するのみである通過車両の2種類に分類される。駐車場利用者、すなわち駐車車両を運転するドライバーは、出発セントロイドにおいて利用駐車場、利用経路、出発時刻を決定する。その後、決定された出発時刻になると、出発セントロイドから移動を開始し、利用予定の駐車場へ向かう。駐車場に入庫した後、あらかじめ設定された活動時間と往復の徒歩時間に対応する駐車時間駐車場に滞在し、その後駐車場を出発して出発セントロイドに戻る。一方、通過車両については、あらかじめ決定されている出発時刻に、発生セントロイドから集中セントロイドへ走行するものとしている。

### 6.2.4 インプットデータ

各サブモデルの詳細の説明に先立ち、本章で構築したシミュレーションモデルのインプットデータを表6.2.1に示す。

表 6.2.1 インプットデータの概要

対象	インプットデータ群
リンク	リンク長、制限速度、案内板の設置有無
ノード	ノードタイプ（交差点、セントロイド、一般駐車場、予約駐車場）
（交差点）	規模（各方面ブロック数）、信号周期
（駐車場）	容量、最大待ち行列長、単位時間あたりの料金、駐車場位置（X,Y座標）、満空情報の閾値（一般駐車場のみ）、余裕マス数（予約駐車場のみ）
車両・ドライバー	発生セントロイド、集中セントロイド、希望目的地到着時刻、目的地XY座標、目的地における活動時間、到着時刻制約の有無、情報利用

	の有無，予約駐車場参照の有無，最大加速度，通常減速度，車頭時間制約，車頭距離制約
--	--

#### 6.2.5 車両移動サブモデル

車両移動サブモデルでは，リンク及びノード上を車両が移動する状況を計算する．車両の移動についてはオブジェクトごとに異なるため，ここではそれぞれについて個別に説明を加える．

##### a) リンク

リンクは片側 1 車線の道路を表現しており，基本的には追い越しできないものとして，追従的な移動を行うものと仮定した．その際の移動速度は，ここでは簡単に以下に列举する速度制限の最小値をもって走行する．

- (1) 制限速度
- (2) 先行車両との車間距離を最小車間距離に保つための速度
- (3) 先行車両との車頭時間を最小車頭時間に保つための速度
- (4) リンク末端制限速度を満たすために，平常時減速度を用いて速度低下するための速度
- (5) 最大加速度と現在の速度により求められる速度
- (6) 入庫待ち車両やうろつき車両に起因する速度

駐車場直前のリンクにおいては，もし駐車場への入庫を待つ車両が存在した場合の影響を考えて，そのリンクを走行する速度が低下するように設定可能とした．さらに，利用予定駐車場が満車で，なおかつ入庫待ち行列に並ぶことができない車両は，利用可能な駐車場を探して徘徊するうろつき車両となる．うろつき車両の走行速度が遅いことを考慮して，走行速度を外生的に設定可能としている．これら 2 つの要因に起因する速度が(6)に対応する．なお，ここで構築するシミュレーションモデルは交通事故などを再現することを目的としていないため，車両の最大減速度は無限大とし，先行車両とは衝突しないように設定している．

##### b) 交差点

交差点における車両の移動は，簡単のためあらかじめ用意しておいたブロック内を車両が移動するものとした．なお，1 つのブロックには 1 台の車両しか存在できない．図6.2.2 に交差点のモデル化イメージを示す．このブロックの数は交差点ごとに設定可能であり，これにより交差点の規模を表現する．自身の進行方向の車線のみならず，その他のブロックにおける車両の有無を参照することによって，対向車が存在している際には右折ができない，といった車両の錯綜を表現した．これより，直進車両による右折車両の時間遅れを考慮可能となる．さらに，例えば流出先のリンクが渋滞していることによってブロック全てが車両で埋まった場合，その後交差点には流入できなくなり，車両は直前のリンクの末端において自分の移動したい方向のブロックに空きができるまで停止する．その車両以後，このリンク末端に到着する車両は，この車両が動くまでリンクから流出することができず，

先詰まりによる渋滞の延伸を表現している。右左折直進方向の移動について個々に交差点流入速度を指定可能としており、方向別の直前リンクにおける走行車両の速度決定に反映される。この値を一定周期でゼロに指定することによって信号制御を表現可能である。

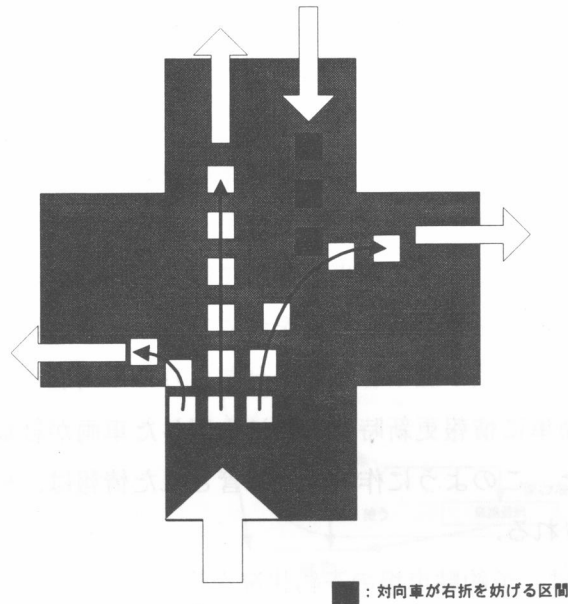


図 6.2.2 交差点のモデル化イメージ

#### c) 駐車場

駐車場ノードは直近の交差点の役割と駐車場内の車両の管理を行っている。駐車場への流入については左折のみで可能とした。駐車場ノードへ到着したが、その駐車場を利用しない車両については、そのまま交差点内の直進ブロックを進行する。駐車場に入庫を予定していた車両については入庫の可否が判定される。駐車スペースに空きがある場合には駐車車両リストに加えられ、駐車場が満車である場合には入庫待ち車両リストに加えられる。なお、入庫待ち車両数が最大入庫待ち車両台数と同じであった場合には、入庫待ちがもはやできないと判定され、ここで駐車場を再選択し他の駐車場へ移動することとしている。入庫可能と判断された車両は駐車車両リストに加えられるが、この際に出庫時刻に応じて並べ替えが行われる。なお、出庫時刻は、入庫時刻と目的地における活動時間と目的地までの徒歩時間の和で作成される。シミュレーションタイムが出庫時刻となった車両は、駐車車両リストから出庫車両リストに加えられる。出庫時の交通混雑状況を考慮するために、駐車場から流入するリンクが混雑している場合にはリンクに流入可能となるまで交差点ブロック内で待つこととした。このブロック数は、駐車場ノードの左折ブロック数で定義されており、このブロック数以上の車両が出庫しようとした場合、それらの車両は駐車場内の出庫リストに保持され続ける。つまり、駐車車両リストに保持される車両台数と出庫車両リストに保持される車両台数の和が駐車台数となり、これが駐車容量を下回るまでは新

たな入庫が不可能となっている。予約駐車場についても同様の設定としているため、出庫先の道路が混雑しているために出庫できない車両のために、予約時刻通りに到着しても入庫できない車両が発生する。

#### 6.2.6 駐車場管理システムサブモデル

駐車場管理システムサブモデルとは、PGIシステムおよびPRシステムの制御機能を持ったものである。PGIシステムについては、あらかじめ設定された更新頻度ごとに、情報提供を行う駐車場の利用状況を取得し、提供される情報の設定に従って情報が作成される。提供情報の内容は、第4章の分析に基づき、満空情報と待ち時間情報の2種類について対応可能とした。満空情報の場合には、各駐車場個別に設定された情報を変更するための閾値と、現在の駐車場内存在台数を元に満空情報を作成する。一方、待ち時間情報の場合には、本来ならば入庫待ち車両の台数や駐車容量、一台あたりの平均駐車時間等より予測する必要があるが、ここでは簡単に情報更新時刻直前に入庫した車両が経験した待ち時間を分単位で提供することとした。このように作成され保管された情報は、車両が情報提供位置に到着したときに受け渡される。

PRシステム導入時には、予約駐車場の予約状況を管理する。ドライバーが予定入庫時刻と予定駐車時間をPRシステムに知らせ、各予約駐車場の利用可否を問い合わせる。この問い合わせに従い、予約駐車場ごとに予約状況を確認する。なお、問い合わせの結果としては、予約ができる／できない、ではなく、各予約駐車場について希望の駐車時間を実現できる予定入庫時刻を返すようにした。この値を参考に、ドライバーは出発時刻の選択を行う設定になっている。この点については、次項の意思決定サブモデルの説明において詳述する。ドライバーの意思決定の結果予約駐車場を利用することとなった場合には、この車両を予約リストに加える。さらに、道路渋滞などによって予約駐車場に時刻通りに到着できないことに対応するために、駐車場に対する余裕マス数を設定可能としており、ある時間帯において予約リストが（駐車容量－余裕マス数）以上となった場合、その時間帯を含む予約を受け付けない。

#### 6.2.7 意思決定サブモデル

通過車両のドライバーは、ある発生セントロイドから集中セントロイドまで、駐車場を利用せずに通過するのみであるため、発生セントロイドにおいて経路選択を行い、車両発生時刻に発生セントロイドを出発し決定された経路に従って移動する。一方、駐車場利用者は、駐車場選択、経路選択、出発時刻選択を行う。駐車場利用者は、到着時刻制約の有無、情報利用の有無、予約駐車場利用の有無などで特徴づけられている。駐車場利用者の意思決定サブモデルの全体像を意思決定地点を考慮しつつ示したものを、図6.2.3に示す。

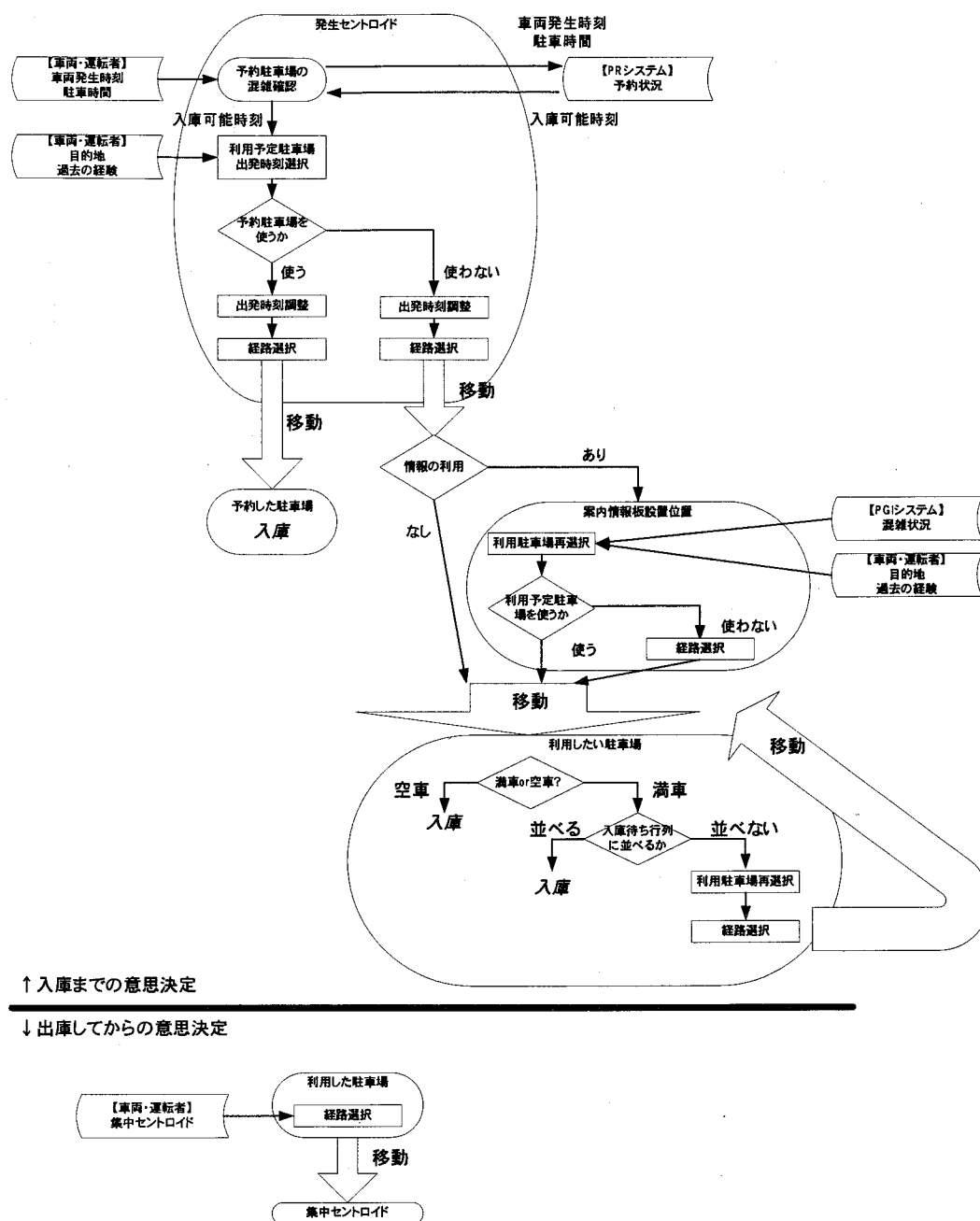


図 6.2.3 駐車場利用者の意思決定サブモデルの全体像

#### a) 経路選択サブモデル

経路選択は最短経路を利用することとした。自由走行時間をもって最短経路を選択するとすれば、同一出発地・目的地、あるいは利用予定駐車場を有するドライバーは全て同一の経路を利用する。ここで用いる交通流シミュレーションモデルは日間動的なものであり、同一ドライバーが複数日の走行を行うため、ドライバーは各リンクの所要時間を平均的に認識しているものとした。この所要時間マップは各個人が各リンクについて 1 つの値を持っているものとし、時間帯による変動は考慮していない。走行経験のない経路については



自由走行速度で走行した場合の所要時間を用いた。通過車両はこの所要時間が最短の経路を走行することとし、走行途中での経路変更はないものとしている。一方、駐車車両については経路選択と駐車場選択は密接な関係にあると考えられることより、駐車場選択サブモデルに内包させることとした。

#### b) 出発時刻選択サブモデル

出発時刻の選択は、駐車場利用者と通過車両のドライバーで異なる設定としている。通過車両のドライバーについては、インプットデータとして、あらかじめ出発時刻を設定しておき、これを変更しないものとした。駐車場利用者については、目的地到着予定時刻を設定している。到着時刻制約があるドライバーは、この時刻に必ず到着することを目指すこととし、出発地において決定した駐車場への経路所要時間、その駐車場の平均的な待ち時間、駐車場から目的地までの徒歩時間、余裕時間の和を計算し、その値を希望到着時刻から差し引くことによって出発時刻を決定することとした。到着時刻制約のないドライバーについても基本的には到着時刻制約のあるドライバーと同様のアルゴリズムで出発時刻を決定するが、目的地到着予定時刻を変更可能であるため、予約駐車場を利用するために到着時刻を変更する場合には希望到着時刻の代わりに予約開始時刻を用いる。ここで、PRシステムが導入されているケースにおける出発時刻の選択について説明する。第5章の分析により、到着時刻制約のあるドライバーほど予約駐車場の利用傾向が高まることが明らかとなっている。そのため、到着時刻制約の有無を属性として設定しているが、その一方で到着時刻制約があるために、これらのドライバーは到着予定時刻を変更することができない。よって、もし到着時刻制約があり、なおかつある予約駐車場が到着しなければならない時刻から出庫予定の時刻まで利用不可能であるなら、その駐車場は利用できないことになる。一方、到着時刻制約がない場合、到着希望時刻に必ず到着しなければならないわけではない。そのため、PRシステムが導入されている場合、例えば数十分出発時刻を遅らせることによって予約駐車場を予約することが可能であるならば、出発時刻を変更することも考えられよう。このような行動変更については、第5章では考察対象としていないが、PRシステムの導入効果として、時間的な分散を期待するのであるならば考慮しておくべき要素である。ここでは便宜上、出発時刻を変更することで生じる負の効用を設定し、それを加えても予約駐車場を選択することになった場合、到着予定時刻を変更させることとした。

#### c) 駐車場選択サブモデル

駐車場選択サブモデルは、意思決定の場所に応じて、発生セントロイドにおける利用予定駐車場選択、案内情報取得地点における駐車場最選択、駐車場到着時における駐車場最選択の3種類に分類される。全ての選択行動はロジットモデルで表現し、各選択肢についての効用を計算した後に、乱数を用いて駐車場を選択することとした。前述のように、予約駐車場については、出発地における時間調整も含めて効用を算出している。

発生セントロイドでは、駐車情報は提供されておらず、過去の駐車場利用経験や利用可能な駐車場までの最短経路所要時間、到着時刻制約の有無などを参考にして、一般駐車場、予約駐車場から利用予定駐車場を決定する。

案内情報取得地点においては、出発セントロイドにおいて一般駐車場を利用し、なおかつ情報を利用するドライバーのみが駐車場の再選択を行う。提供情報、利用予定駐車場、各駐車場から目的地までの徒歩時間などを参考に駐車場を再考する。最後に、駐車場到着時の意思決定であるが、ここで構築するシミュレーションモデルにおいては、入庫待ち行列に並ぶことが可能であるなら必ず待ち行列に並び、その駐車場を利用することとし、もし入庫待ち行列に並ぶことができない場合には、その駐車場以外の一般駐車場から駐車場を再選択することとした。

#### 6.2.8 経験更新サブモデル

経験更新サブモデルは、一日の車両移動が全て終了した後に呼び出される、経路・駐車場の利用経験更新のためのものである。前章までの知見に基づき、駐車場選択の際に必要な、平均入庫待ち時間と、各リンクの平均所要時間を算出している。ここでは、各ドライバーは、一日単位で所要時間を認識しているものとしている。すなわち、出発時刻帯を考慮して知識を蓄積しているわけではない。

### 6.3 各ケーススタディに対する共通設定

#### 6.3.1 対象ネットワーク

本章での考察においては、第3章での実証分析の研究対象都市である大阪府茨木市のネットワークを参考に作成した。図6.3.1に道路ネットワークを示す。このネットワークのおおよその大きさは、東西（横方向）に4km、南北（縦方向）に2kmである。この道路ネットワークにおいては、7カ所の発生・集中セントロイド、5つの駐車場が存在する。これら5つの駐車場の容量は、A～Eそれぞれ180、50、100、50、120台と設定しており、都市全体で500台の駐車容量があることとした。

#### 6.3.2 車両・ドライバーの設定

通過車両の出発時刻分布と駐車車両の目的地への希望到着時刻分布は、茨木市におけるアンケート調査における目的地の到着時刻を用いて作成した。図6.3.2に希望到着時刻の分布を示す。12時ごろに大きな需要のピークがあり、その後15時頃にもう一つ需要のピークがある。

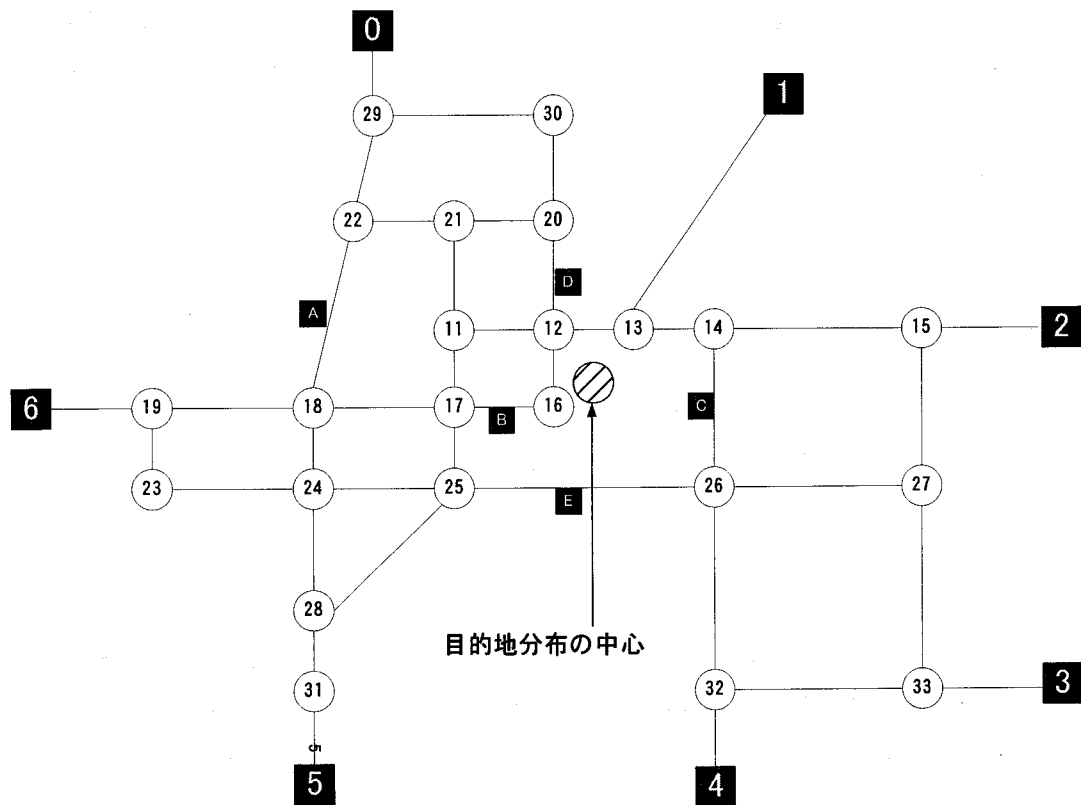


図 6.3.1 道路ネットワーク

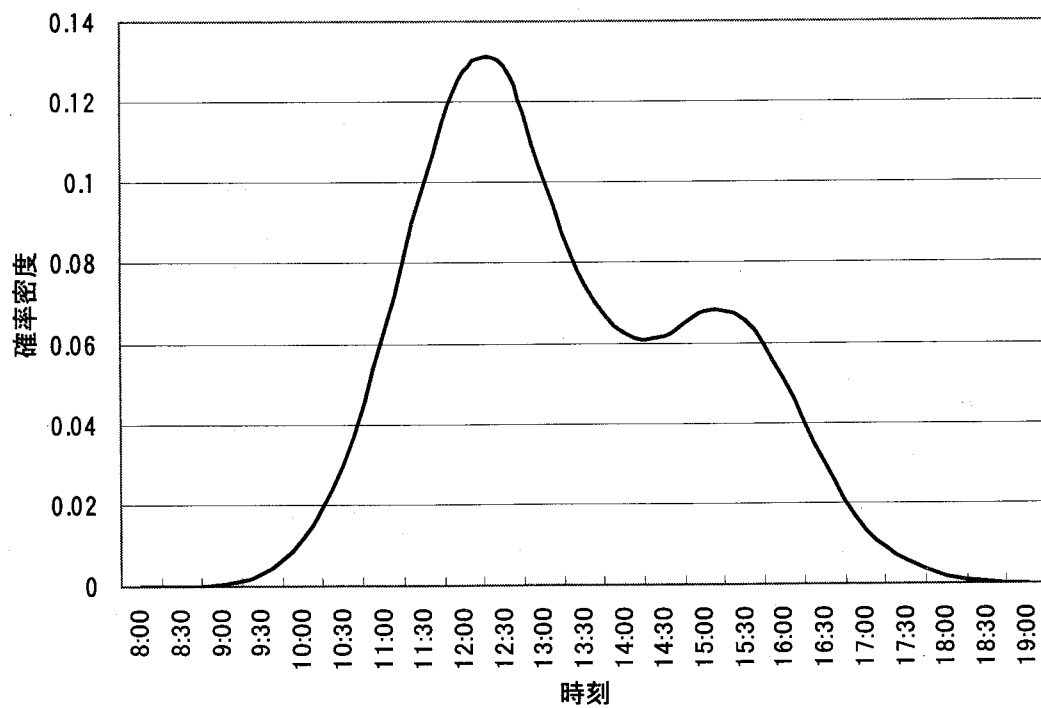


図 6.3.2 希望到着時刻分布

出発セントロイド，集中セントロイド間の需要については，道路交通センサスの断面交通量データを用いて，表6.3.1に示す発生・集中比率を用いて設定した．通過車両については，乱数を用いて出発セントロイドを設定し，さらに同様の比率を用いて出発セントロイド以外のセントロイドを目的セントロイドとした．駐車車両については，乱数により出発セントロイドを設定し，集中セントロイドは出発セントロイドと同一とした．目的地分布については，中心座標を図 6.3.1に示した斜線部とし，これを中心とした標準偏差 400m の正規乱数を発生させて決定した．目的地における活動時間は，茨木市において実施したアンケート調査を参考に，図6.3.3のように設定した．この分布から求められる活動時間に往復の徒歩時間を足しあわせたものが駐車時間となる．

表 6.3.1 発生・集中比率

	0	1	2	3	4	5	6
発生・集中比率	0.16	0.10	0.11	0.13	0.15	0.15	0.20

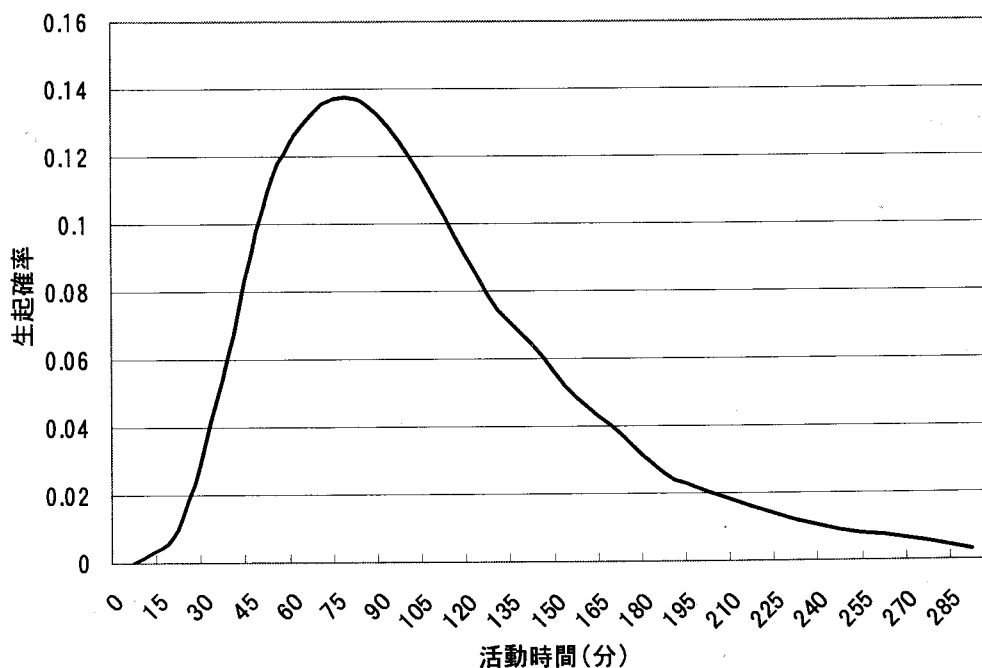


図 6.3.3 活動時間の分布

### 6.3.3 意思決定モデルのパラメータ

意思決定モデルパラメータは，第 4 章，第 5 章で得られた知見をベースに作成した．なお，分析においては個別に得られたパラメータ推定値については，徒歩時間のパラメータ推定値が最も信頼性の高いものと考え，これに対する比をもって結合している．また，4.5で明らかとなった，情報精度と信頼度の関係については，現在シミュレーションには反映されていない．表6.3.2(a)，(b)に，それぞれ出発セントロイド，情報取得時点の駐車場選択

ロジットモデルのパラメータを示す。予約駐車場ダミーおよび到着時刻制約の有無\*予約駐車場のダミーについては、予約駐車場にのみ設定されるものである。さらに、出発地における待ち時間に関するパラメータは、本研究では便宜上走行時間の 1/10 と設定した。

駐車場到着時に入庫待ち行列に並ぶことができなかった場合において行う駐車場の再選択については、情報提供が行われていない場合、あるいはサンプルが情報利用層でない場合には表6.3.3(a)で、情報利用層については表6.3.4(b)を用いて効用の計算を行い、利用できなかった駐車場についての効用は無限小とした。

表 6.3.3 駐車場選択モデルのパラメータ

(a) 出発地における駐車場選択

説明変数	パラメータ値
徒歩時間 (分)	-0.553
平均経験待ち時間 (分)	-0.277
経路走行時間 (分)	-0.189
駐車料金 (100 円)	-0.327
予約駐車場ダミー	-1.383
到着時刻制約の有無 *	2.828
予約駐車場のダミー	
出発地での待ち時間	走行時間の 1/10

(b) 情報取得後の駐車場選択

説明変数	パラメータ値	
	満空情報提供時	待ち時間情報提供時
徒歩時間 (分)	-0.145	-0.216
経験待ち時間 (分)	-0.128	-0.085
出発セントロイドで選択した 駐車場に対する固有ダミー	1.217	0.878
満空情報ダミー	-0.637	
待ち時間情報 (分)		-0.110

#### 6.3.4 需要の日間変動

ここでのシミュレーション計算においては、30 日間の繰り返しを実施する。ここでは、これら 30 日間の中で、何を変動させ何を固定としているかについて説明する。駐車場利用者について、経験に基づき利用駐車場や利用経路を変更することを仮定しているため、出発セントロイドは固定として考えることとした。すなわち、駐車場利用者は、毎日同じ出発セントロイドから出発し、目的地での活動時間の後、同じセントロイドに戻る。ただし、目的地、到着時刻、駐車時間については、毎トリップごとに変化する可能性のあるものと考え、前述の分布に従いランダムに発生させた。そのため、1 日ごとの総交通需要は固定であるものの、出発時刻がランダムに変動すること、それに従い時間帯ごとには OD ペアの比

率が変化することによって、ドライバーは多様な経験を積むことになる。

#### 6.3.5 その他の設定

その他ケーススタディに共通の設定について、表6.3.5にまとめておく。今回の設定では、車両の移動特性は全て均一とし、駐車車両と通過車両の割合も 1:1 で固定としている。なお、乱数のシードを変え、他の条件を全て同じ状態でシミュレーションを実施し比較したところ、計算結果は最大でも 0.5%程度であった。これより、計算時間の節約のため各ケースについて 1 回のみシミュレーション計算とし、30 日間のシミュレーション計算の、最終 10 日間の平均をもって評価を行うこととした。

表 6.3.5 その他のシミュレーション設定

【全般】	
スキャンインターバル	1 秒
一日あたりの計算対象時間帯	6 時～21 時 (54000 秒)
繰り返し日数	30 日
【駐車場】	
最大入庫待ち行列長	10 台 (全ての駐車場)
待ち行列による速度低下	制限速度の 50%
30 分あたりの駐車料金	125 円 (予約駐車場), 100 円 (一般駐車場)
【車両】	
最大加速度	$1\text{m/s}^2$
通常減速度	$2\text{m/s}^2$
最小車頭距離	5m
最小車頭時間	1 秒
徘徊中の速度	制限速度の 50%
【ドライバー】	
到着時刻制約のある サンプルの割合	20%
駐車車両と通過車両の比率	1 : 1

#### 6.4 交通流シミュレーションの動作確認

基本ケースとして、情報提供および予約駐車場の存在しないケースの計算結果より、ここで構築したシミュレーションモデルによって、都市内の交通状況がおおよそ問題なく表現されていることを確認する。ここでは、総需要を 1,000 台から 3,500 台まで 500 台刻みで 5 ケース設定し、それらの計算結果より考察を試みる。

##### a) 平均走行時間

都市内全体の交通状況を確認するためのひとつの指標として、平均走行時間を用いる。これは、駐車車両については、出発セントロイドから駐車場到着までの所要時間と、駐車場を出発してから出発セントロイドへ戻るまでの所要時間の和の平均値であり、通過車両については、出発セントロイドから集中セントロイドまでの走行時間の平均値である。計

算結果を図6.4.1に示す。図より、駐車車両の走行時間、通過車両の走行時間とも、交通需要が増加するにつれて増加している。また、走行時間の増加は交通需要レベルに対して非線形の関係にあり、交通需要が3,000台以上となると走行時間が大幅に増加することが確認できる。

駐車車両と通過車両の所要時間を比較すると、駐車車両の所要時間が通過車両のほぼ1.2倍程度となっている。これは、通過車両の場合都心部を通過しないセントロイド間の交通も存在するが、駐車車両の場合は必ず都心部へ向かうためといえる。駐車車両については、総交通需要が3,500台のケースでは1,000台のケースと比較しておよそ1.7倍程度の所要時間となっている。通過車両については1.01倍程度と、駐車車両と比較して所要時間の増加は非常に少ない。ただし、ODペアごとに所要時間を比較すると、最大で10%の所要時間の増加がみられているため、駐車車両が増加することによって通過車両に対しても少なからず影響を及ぼしていると考えられる。

#### b) 駐車場の利用状況

駐車場の利用状況から、各需要レベルにおける混雑状況を確認する。ここで用いるのは、全駐車場の総和として求められる総駐車台数と総入庫待ち台数である。図6.4.2に駐車台数の時間的な推移を、図6.4.3に入庫待ち台数の推移を示す。総駐車台数の推移より、交通需要が3,000台以上であるケースでは総駐車台数が500台、すなわち全ての駐車場が満車となる時間帯が存在していることがわかる。入庫待ち行列台数の推移を見ると、特に交通需要が3,500台のケースにおいては、入庫待ち台数が最大値の50台に近い時間帯が長時間継続する。ここで構築した交通流シミュレーションは路上駐車を許していないため、このような状況に陥った場合には駐車場を利用できず、なおかつ入庫待ち行列にも並ぶことのできない車両は、いずれかの駐車場の入庫待ち行列に空きができるまで都市内を走行せざるを得なくなる。これらのうろつき車両により走行時間の増加が生じる。また、図6.4.3より、交通需要レベルが1,500台であっても多少入庫待ちが生じていることがわかる。これは、駐車場選択モデルの徒歩時間に対するパラメータ値が、入庫待ち時間に対するパラメータ値と比較してその絶対値が大きいため、多少の待ち時間が生じてもより目的地に近い駐車場を選択するサンプルが存在するためであり、実際の交通状況でも生じうる現象といえる。

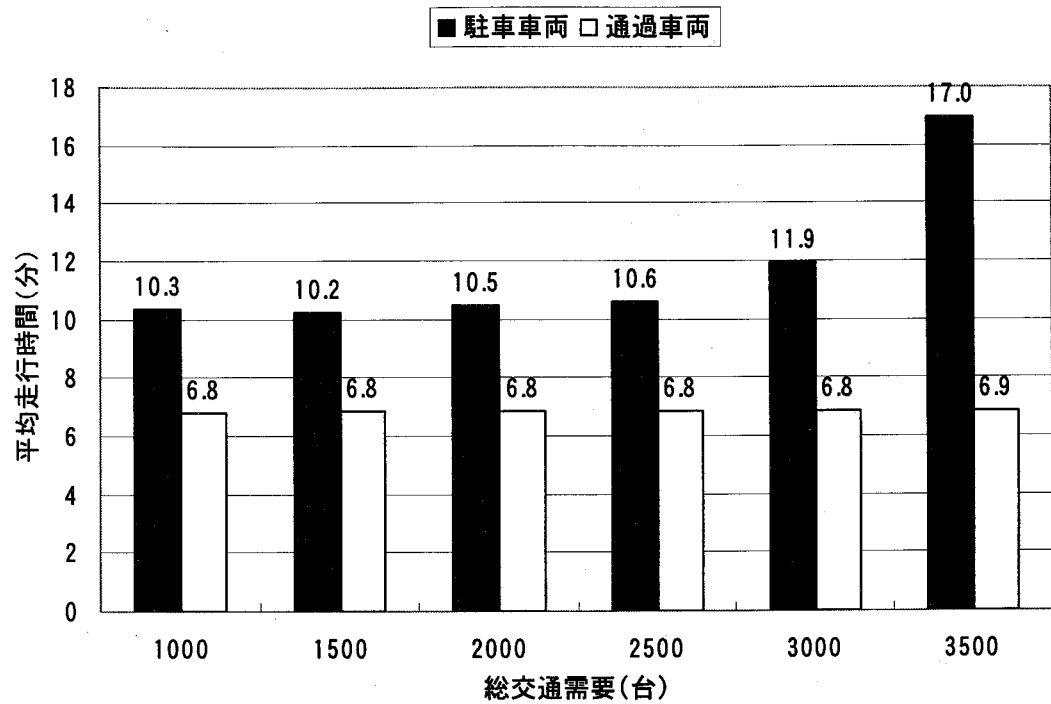


図 6.4.1 交通需要レベルと平均走行時間の関係 (情報提供, 予約システムなし)

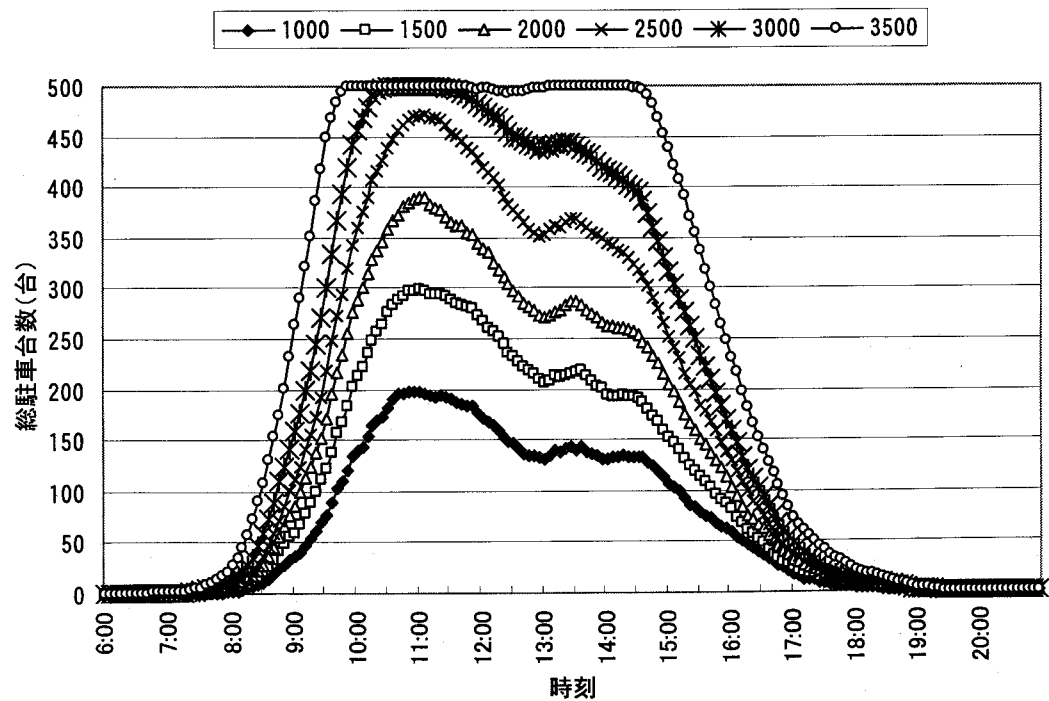


図 6.4.2 交通需要レベルごとの総駐車台数の推移 (情報提供, 予約システムなし)



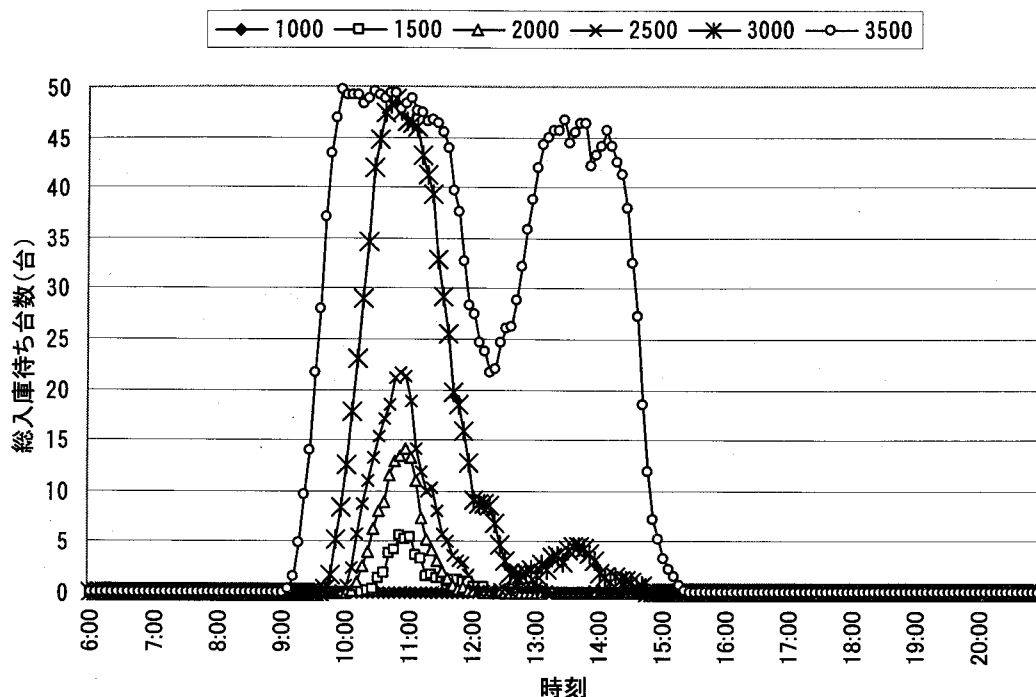


図 6.4.3 交通需要レベルごとの総入庫待ち台数の推移（情報提供，予約システムなし）

#### c) 駐車場利用者の行動結果

駐車場利用者の視点に立った指標として，出発セントロイドから利用予定駐車場までの経路走行時間，利用予定駐車場が利用できなかった場合に生じるうろつき時間，入庫待ち時間，駐車場から目的地までの徒歩時間並びにそれらの合計，すなわち出発セントロイドから目的地までの所要時間を計算する。うろつき車両は，当初利用予定であった駐車場が満車であり，なおかつ入庫待ち行列にも余裕がないため，やむを得ず他の駐車場を探さなければならなくなった車両とし，その車両が利用可能な駐車場を探索しその駐車場の入庫待ち行列に並ぶまでの時間をうろつき時間と定義する。駐車場利用者について，目的地までの所要時間の最終 10 日間の平均値を示したのが図 6.4.4 である。この図より，総交通需要が 2,500 台程度までは，うろつき時間，入庫待ち時間ともにほとんど 0 に近く，それほど大きな混雑はないが，総交通需要が 3,000 台以上となると，所要時間が飛躍的に増加している。各要素についても増加傾向にあり，特に，うろつき時間，入庫待ち時間の増加が顕著である。総所要時間を比較すると，交通需要が 3,500 台の場合 1,000 台と比較して，およそ 2.3 倍となっている。

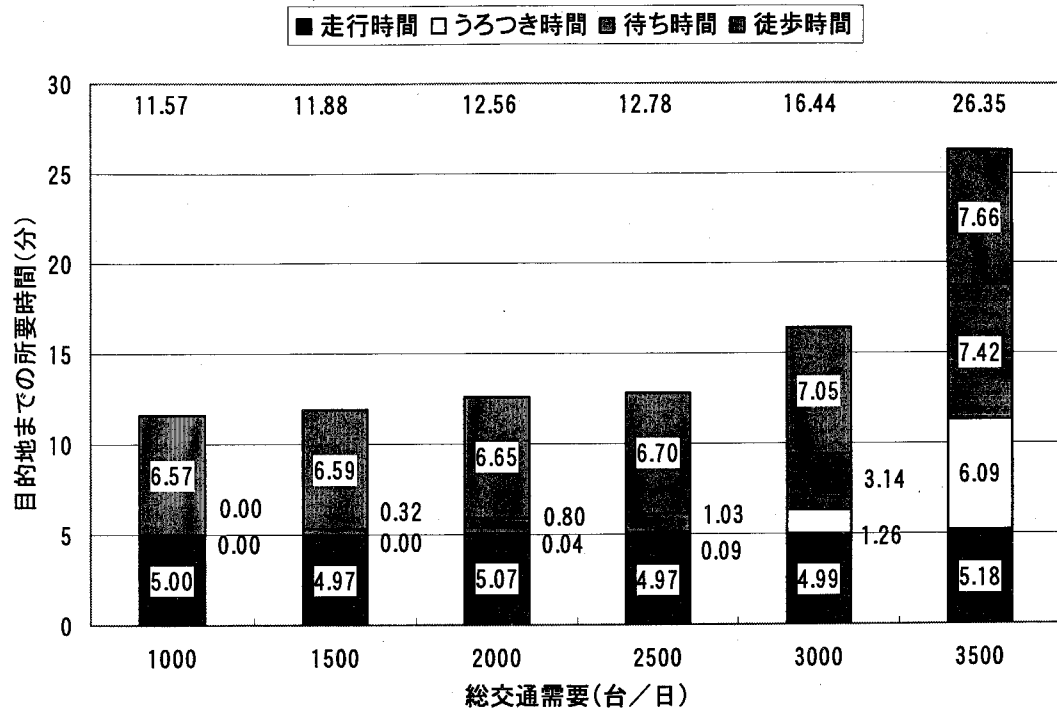


図 6.4.4 駐車車両の目的地までの所要時間の推移（情報提供、予約駐車場なし）

一連の考察より，ここで構築した交通流シミュレーションは，都市内のうろつき車両の表現，駐車車両増加に起因する入庫待ち時間の増加等を表現可能であることが確認された。よって，この交通流シミュレーションモデルを用いて，PGI システム，PR システムの導入効果についての分析を進めていく。

## 6.5 駐車場案内システムの導入効果

### 6.5.1 設定条件

PGI システムの導入効果を考察するための共通の設定を表6.5.1に示す。その他の設定条件については表 6.3.5に準ずることとした。情報提供位置は，発生セントロイドからの流入リンクに設定した。まず情報利用率と情報提供効果の関係について考察を加えるとともに，いくつかの計算ケースについて，情報提供の社会的効果，駐車場利用者に対する効果，駐車場利用状況への影響等，多側面から情報提供効果を分析する。満空情報，待ち時間情報ともに検討対象とし，総交通需要は比較的駐車場に余裕のある 2,000 台（駐車需要 1,000 台），すべての駐車場が満車となる時間帯が生じる総交通需要 3,000 台（駐車需要 1,500 台）とした。情報利用率は，0 から 1 まで 0.25 刻みで 5 ケース計算した。

表 6.5.1 共通設定 (PGI システム導入時)

情報更新頻度	5 分
満空情報の閾値	容量の 95%
待ち時間情報の丸め値	5 分
情報提供位置	出発セントロイドからの流入リンク (7 カ所)
総交通需要	2,000 台, 3,000 台

## 6.5.2 交通需要・情報利用率と情報提供効果

### a) 平均走行時間

情報提供の社会的効果として、駐車車両、通過車両ごとの平均走行時間を評価指標として比較する。図6.5.1(a), (b)に、総交通需要がそれぞれ 2,000 台、3,000 台のケースにおける平均走行時間の推移を示す。交通需要 2,000 台、3,000 台のどちらのケースでもほとんど平均走行時間は変化していない。最も情報が効果的に機能したときの平均走行時間の減少率を計算すると、駐車車両で 0.2%程度であった。情報提供実施によって、都市内全体、日単位でみた平均走行時間が減少するわけではないことがわかる。

### b) 駐車場利用者の目的地までの平均所要時間

駐車場利用者に対する効果として、図6.5.2(a), (b)に、総交通需要がそれぞれ 2,000 台、3,000 台の時の、情報利用率ごとの駐車車両の目的地までの所要時間の平均値について計算したものを示す。総交通需要 2,000 台のケースにおいては、満空情報提供時、待ち時間情報提供時ともに、情報利用率 0.25 で目的地までの所要時間が最短となっている。このとき、情報提供がない場合と比較して、満空情報提供時でおよそ 1.7%、待ち時間情報提供時で 3.3% の所要時間短縮が見込まれる。また、満空情報提供時においては、情報利用率が 0.75 以上となると、情報提供を実施していない状況よりかえって所要時間が長くなるのに対して、待ち時間情報提供時には、情報利用率が 1 となったとしても、情報提供を実施しない状況より所要時間が小さい。以上より、情報提供を実施することによって駐車場利用者の所要時間短縮効果が確認され、また情報内容が高度化されることによってより大きな効果が期待されるといえる。

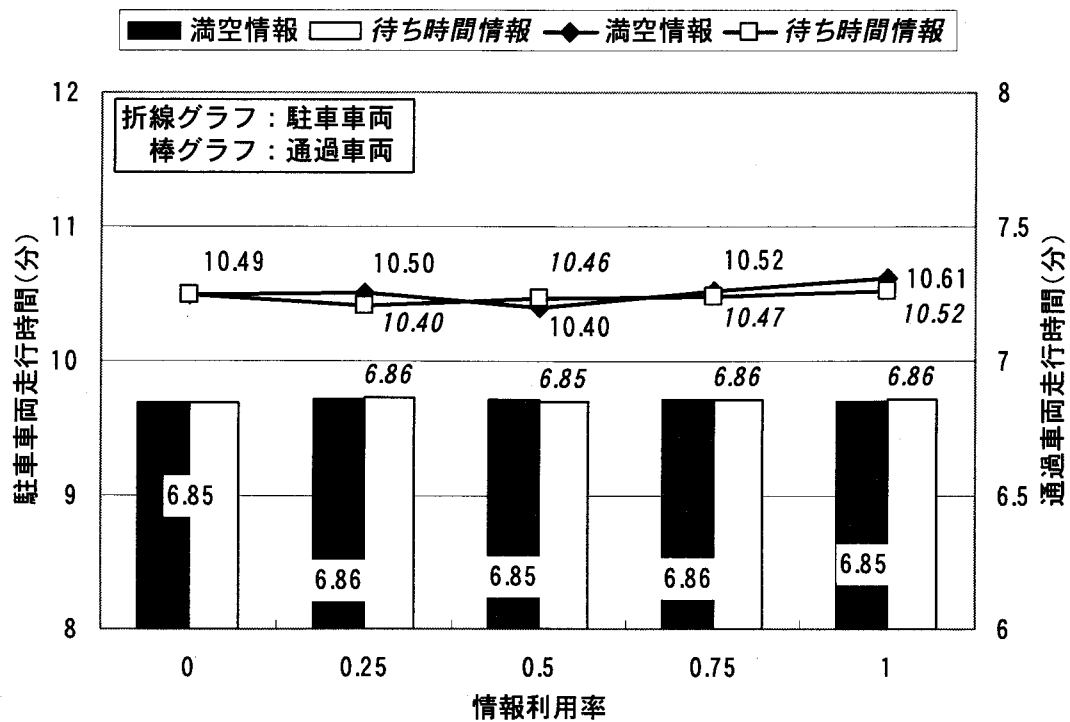
総交通需要が 3,000 台のケースの計算結果である図 6.5.2(b)をみると、情報利用率が 0.25 であるケース以外では、情報提供を実施していないときより平均所要時間が増加している。情報利用率 0.25 の時の所要時間短縮効果をみると、満空情報提供時で 2.2%、待ち時間情報提供時で 0.8%であった。情報利用率が増加すると、満空情報提供時より待ち時間情報提供時の方が所要時間の増加が小さい。以上より、比較的駐車容量に余裕のある総交通需要 2,000 台のケースにおいては、情報利用率が 0.5 程度までは PGI システムは効果的に機能するが、総交通需要 3,000 台のケースでは、情報利用率が 0.5 以上となればほとんど情報提供効果が見込めないことが明らかとなった。

以下では、情報提供のない場合、情報提供が効果的に機能している場合、情報提供によ

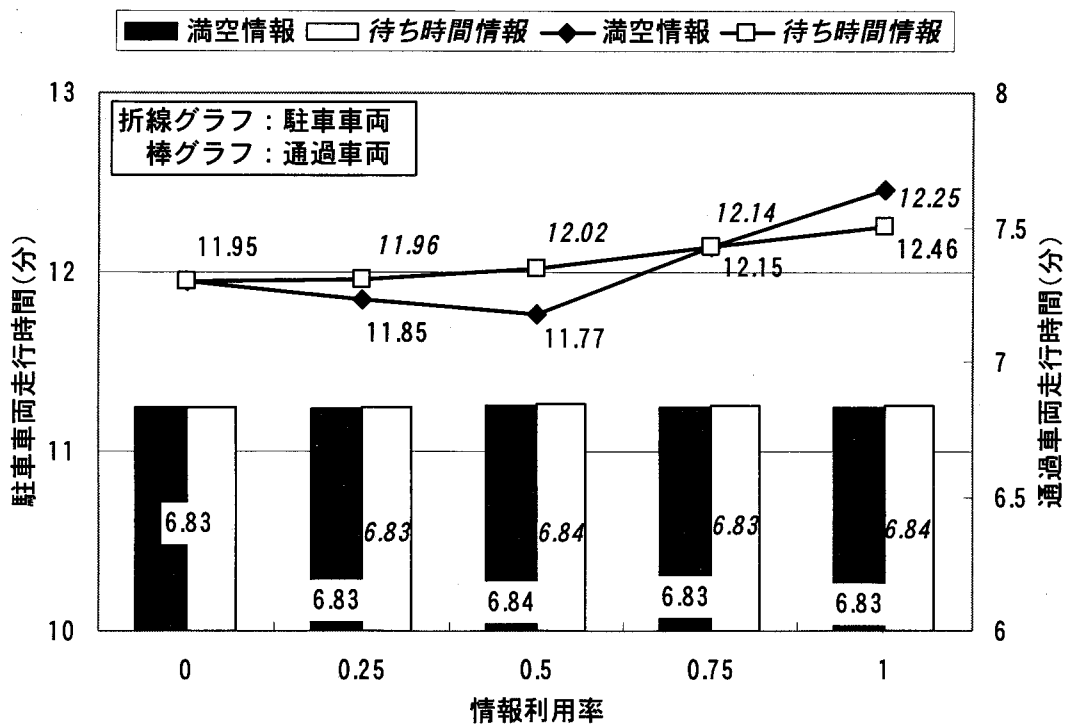
ってかえって利用者に不利益が生じている場合、の 3 ケースを例にとり、需要レベルごとに、表6.5.1に示した計 6 ケースを対象として詳細な考察を進める。

表 6.5.1 考察対象ケース（情報提供効果）

交通需要 レベル	情報提供のないケース	情報提供が効果的に機能 しているケース	情報提供が効果的に機能 していないケース
2,000	情報提供なし 【ケース A0】	待ち時間情報提供時 (情報利用率 0.25) 【ケース A1】	満空情報提供時 (情報利用率 1.0) 【ケース A2】
3,000	情報提供なし 【ケース B0】	満空情報提供時 (情報利用率 0.25) 【ケース B1】	満空情報提供時 (情報利用率 1.0) 【ケース B2】

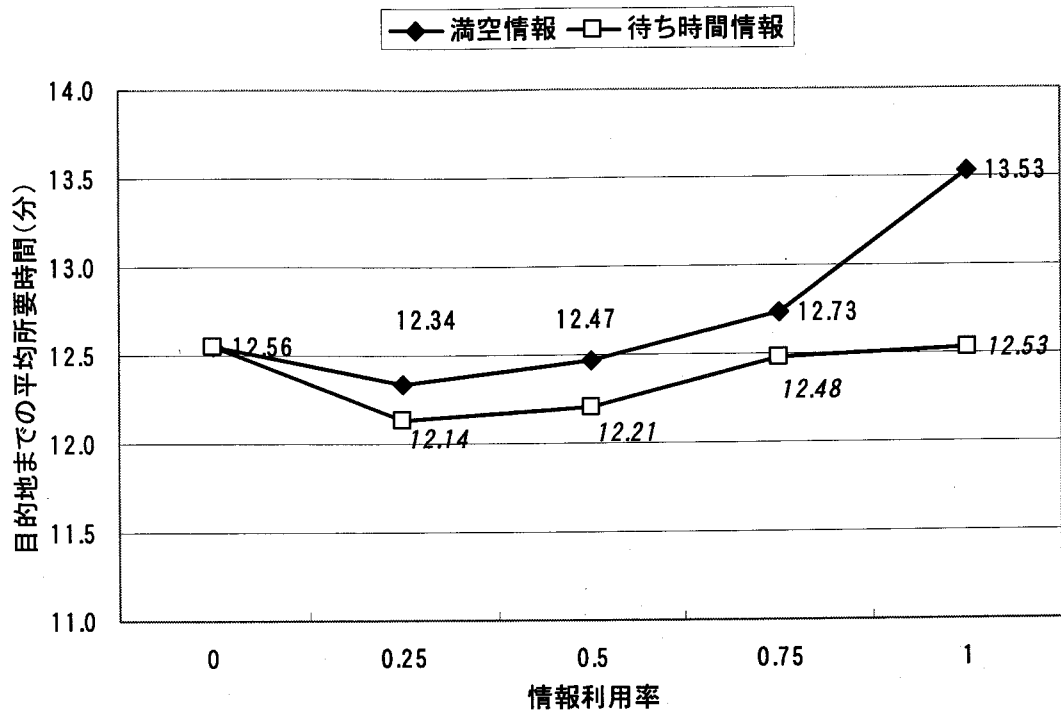


(a) 総交通需要 2,000 台

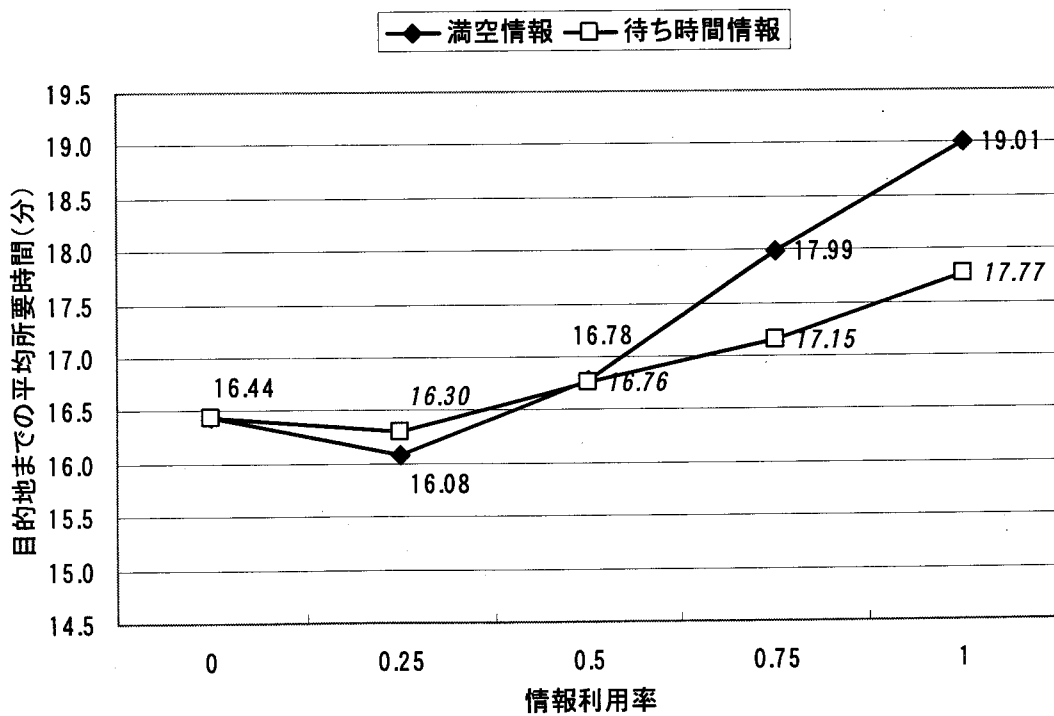


(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.5.1 平均走行時間の推移



(a) 総交通需要 2,000 台



(b) 総交通需要 3,000 台

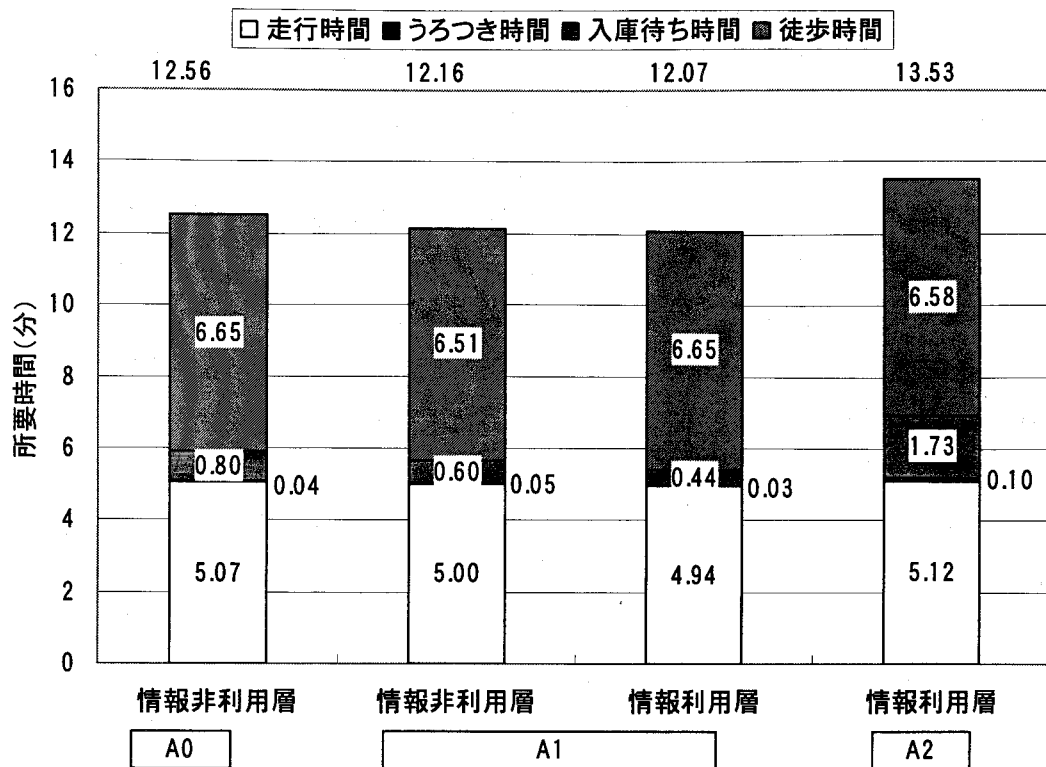
図 6.5.2 情報利用率と駐車車両の目的地までの平均所要時間の関係

### 6.5.3 駐車場利用者からみた情報提供効果

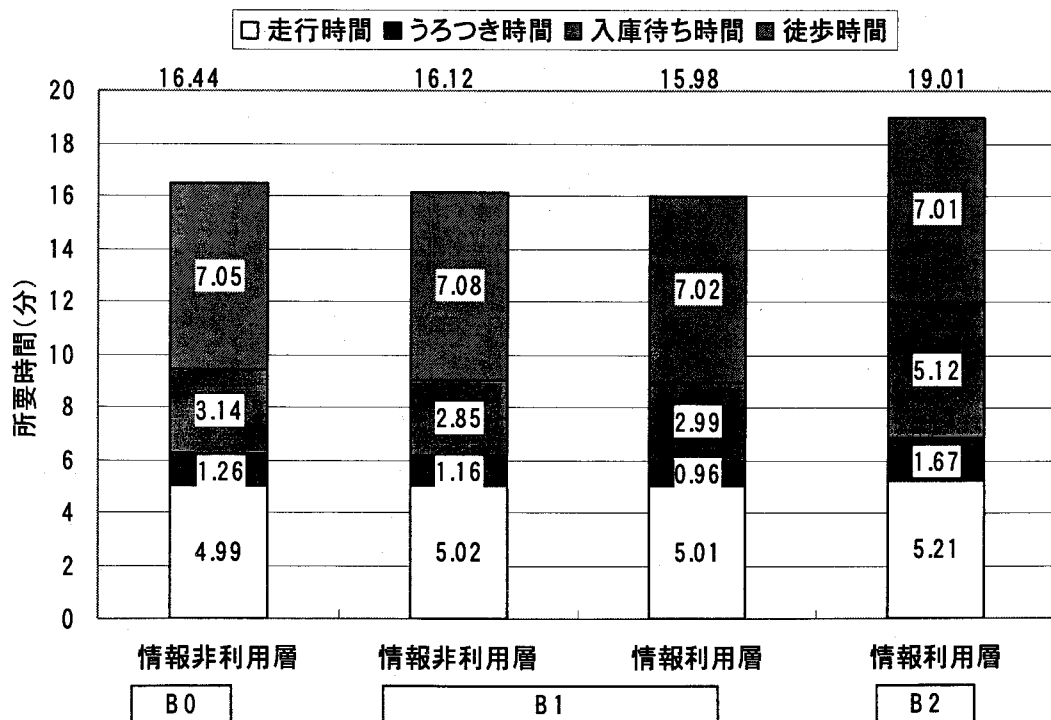
#### a) 目的地までの所要時間の内訳

図6.5.3(a), (b)に、交通需要レベルごと、考察対象ケースごとの、駐車場利用者の平均所要時間の内訳を示す。ケース A1, B1 については、情報利用層と情報非利用層に分けて集計しており、棒グラフ上部に示した値は、走行時間、うろつき時間、入庫待ち時間、徒歩時間の総和として求められる目的地までの総所要時間を示している。図 6.5.3 (a)のケース A1 について情報利用層と情報非利用層を比較すると、情報を参照することによって、目的地からは若干遠く徒歩時間の長い駐車場を選択するものの、走行時間、入庫待ち時間が減少しており、結果として目的地までの所要時間は減少していることがわかる。ケース A0 とケース A1 の情報非利用層を比較すると、全ての項目の所要時間が減少しており、総和としての平均所要時間も減少している。すなわち、情報提供を実施することによって、情報を利用していない駐車場利用者も所要時間短縮の恩恵を受けているといえる。一方、情報提供が効果的に機能していないケース A2 をみると、情報提供がない場合と比較して徒歩時間以外の指標において時間が増加している。特に、入庫待ち時間の増加が大きく、全ての駐車場利用者が情報を参照することによって情報によるハンチング現象が生じていることが推察される。

総交通需要が 3,000 台の場合の図 6.5.3 (b)においても、総交通需要 2,000 台とほぼ同様の傾向を有している。すなわち、情報提供が効果的に機能しているケース B1 においては、情報利用層の方が情報非利用層より所要時間が若干短く、またケース B0 とケース B1 の情報非利用層を比較すると、ケース B1 の情報非利用層の方が所要時間が短い。しかし、その内訳は若干異なっている。ケース B1 の情報非利用層と情報利用層を比較すると、情報利用層の方の入庫待ち時間の方が若干長い、うろつき時間が短いため総所要時間としては短くなっている。ケース B0 とケース B1 の情報非利用層を比較すると、うろつき時間、入庫待ち時間が減少している。ケース B2 をみると、他のケースと比較して全ての指標において値が大きくなっており、特に、走行時間、入庫待ち時間の増加が顕著である。情報提供が効果的に機能していないケース A2, B2 について、目的地までの所要時間の増加率を比較すると、総交通需要が 2,000 台の時には 8%であるのに対して、総交通需要 3,000 台の場合には 16%となる。以上より、駐車場整備が遅れており、総交通需要に対して駐車場容量が不足しているような都市地域において PGI システムの導入を検討する際には、その導入方法について慎重に検討しなければ、かえってドライバーに対して不利益が生じる可能性があるといえる。



(a) 総交通需要 2,000 台



(b) 総交通需要 3,000 台

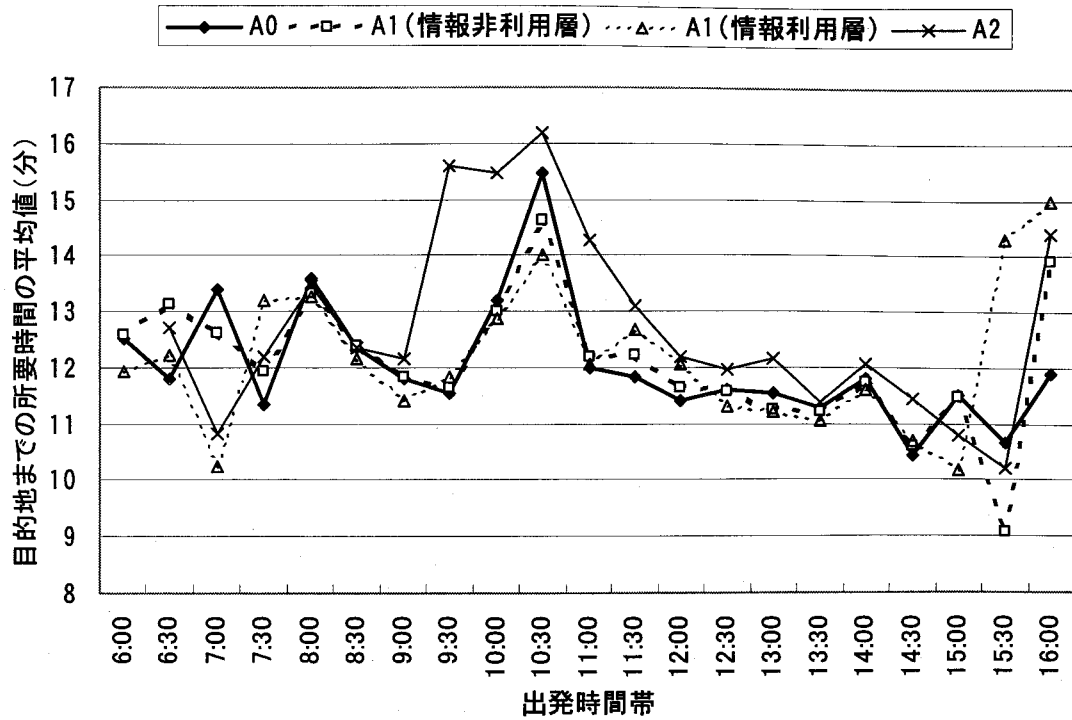
図 6.5.3 駐車場利用者の所要時間の内訳 (PGI システム導入時)



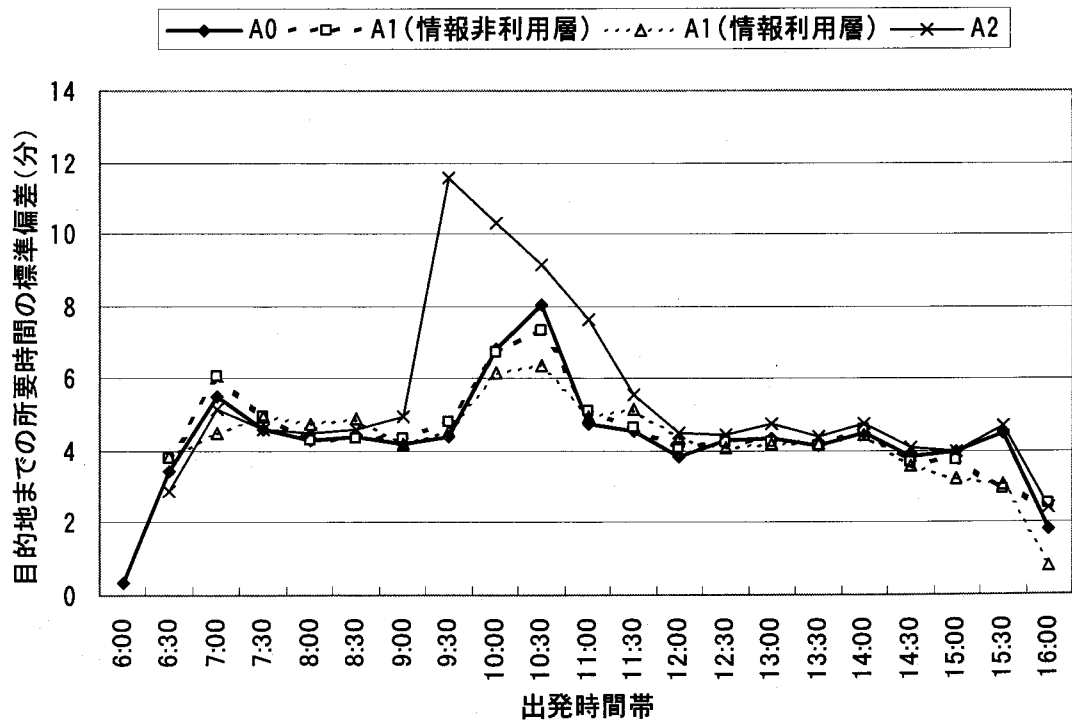
#### b) 目的地までの所要時間の出発時間帯別の推移

前項の考察や、a)の考察では、シミュレーション時間帯全体で得られる評価指標を用いて考察を加えた。しかしながら、情報提供が効果的に機能する可能性が高いのは、駐車需要が集中している時間帯などの駐車場の利用に不均衡が生じる時である。そのため、目的地までの所要時間について出発時刻 30 分ごとの平均および標準偏差を計算し、時間帯ごとの所要時間の分布について考察する。図6.5.4(a), (b)に、総交通需要が 2,000 台のケースについて、それぞれ出発時刻 30 分刻みの目的地までの所要時間の平均と標準偏差を示す。ケース A2、すなわち情報が効果的に機能していないケースにおいては、9:00 ごろから平均値、標準偏差ともに増加しており、また他のケースと比較してそれぞれの値は大きく、さらに早い時間帯から所要時間が増加している。ケース A0 とケース A1 を比較すると、所要時間が増加し始める時間帯は 9:30 頃まではほぼ同一の傾向であるが、最も混雑の激しい 10:00 ~10:30 に出発した車両では、情報提供を実施することによって、所要時間の平均値、標準偏差ともに小さくなっている。10:30 からの 30 分に出発し、情報を利用したドライバーの所要時間の平均値、標準偏差をケース A0 と比較すると、平均値で 9.5%、標準偏差で 21% の減少となっている。これより、1 日全体での情報提供による所要時間短縮は 3.3%程度にとどまるものの、情報が効果的な時間帯でみれば情報利用層については大きな所要時間短縮効果が期待されるといえる。

次に、総交通需要が 3,000 台のケースについて考察を加える。計算結果を図6.5.5(a), (b)に示す。情報が効果的に機能していない B2 のケースにおいては、9:00 頃から 14:30 頃まで常に所要時間の平均値は大きくなっており、交通状況が悪化していることがうかがえる。標準偏差についても他ケースと比較して大きい。情報が機能していない状況では、所要時間の平均のみならず標準偏差も増加し、ドライバーは予定を立てづらい状況にあるといえる。ケース B0 と B1 を比較すると、所要時間の平均値については総交通需要が 2,000 台のケースとほぼ同様の傾向を呈している。情報提供が効果的に機能している時間帯は 10:30 ~12:30 であった。ケース B1 の情報利用層の所要時間短縮効果が最大となるのは 11:30 ~12:00 の時間帯で、9.7%の短縮効果があった。所要時間の標準偏差の減少効果が最大となるのが 12:00 ~12:30 の時間帯で、21.9%の減少である。目的地までの所要時間が減少傾向にあるような時間帯に、特に情報提供の効果が現れるといえる。ただし、ケース B1 の情報利用層の所要時間の標準偏差は、10:30 ~11:30 の時間帯では B1 の情報非利用層、B0 と比較して大きい。ケース B1 においては、このような時間帯では情報を利用するドライバーが不利益を被ることによって全体の所要時間が短縮している、という結果となっている。

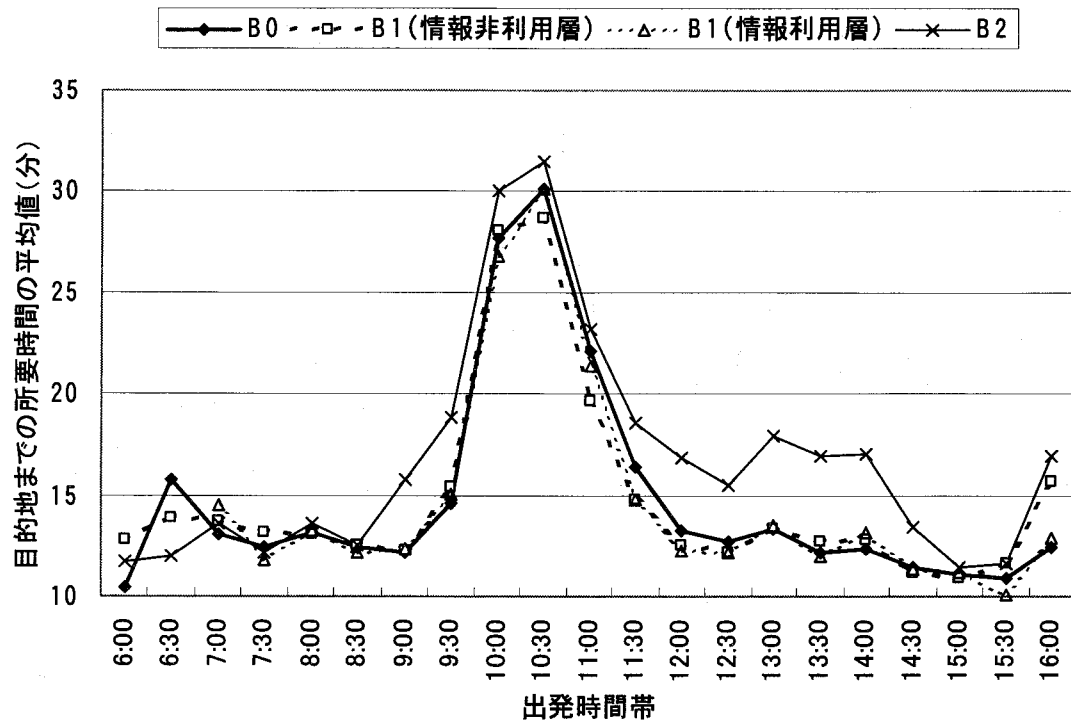


(a) 平均値

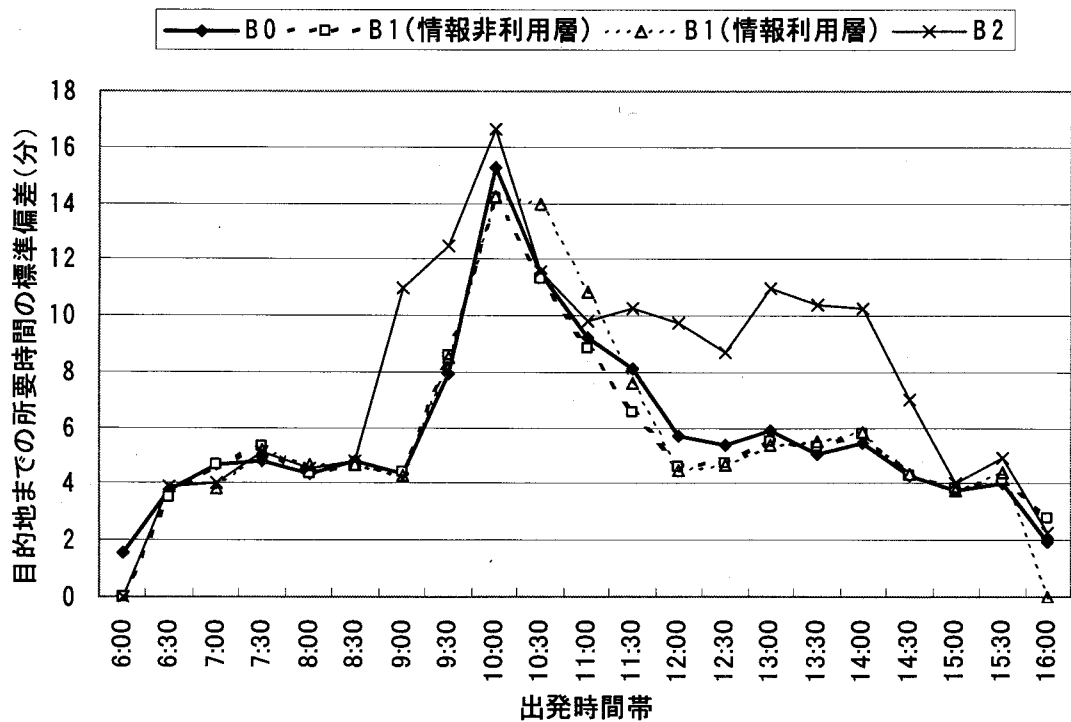


(b) 標準偏差

図 6.5.4 出発時刻帯別の所要時間の平均と分散  
(PGI システム導入時, 総交通需要 2,000 台)



(a) 平均値

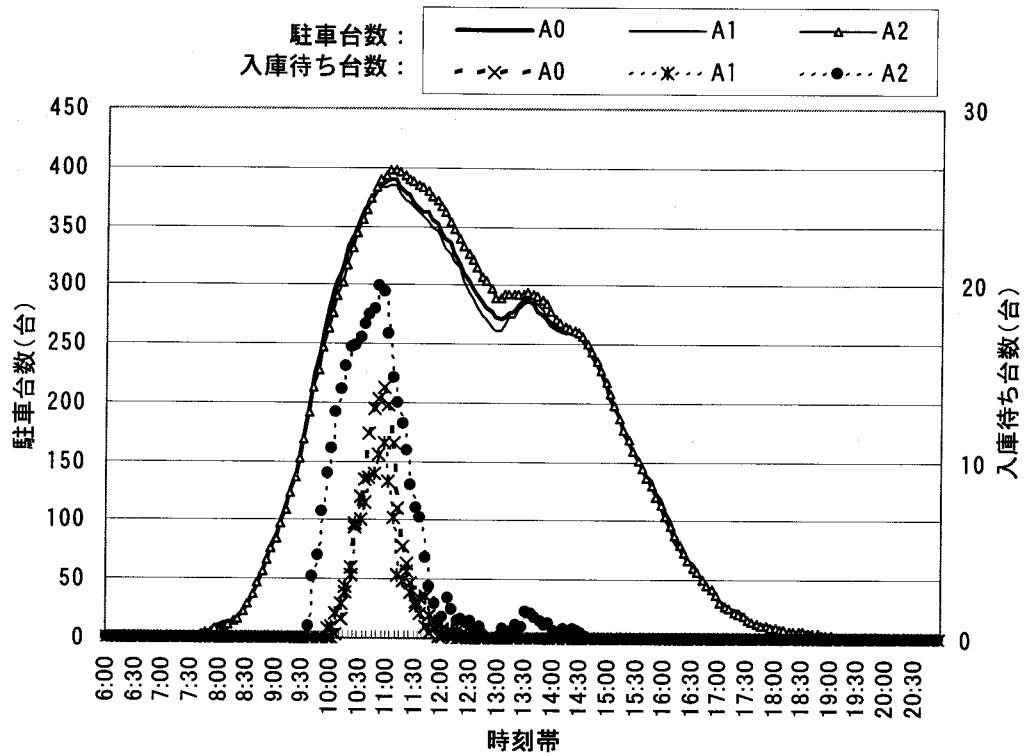


(b) 標準偏差

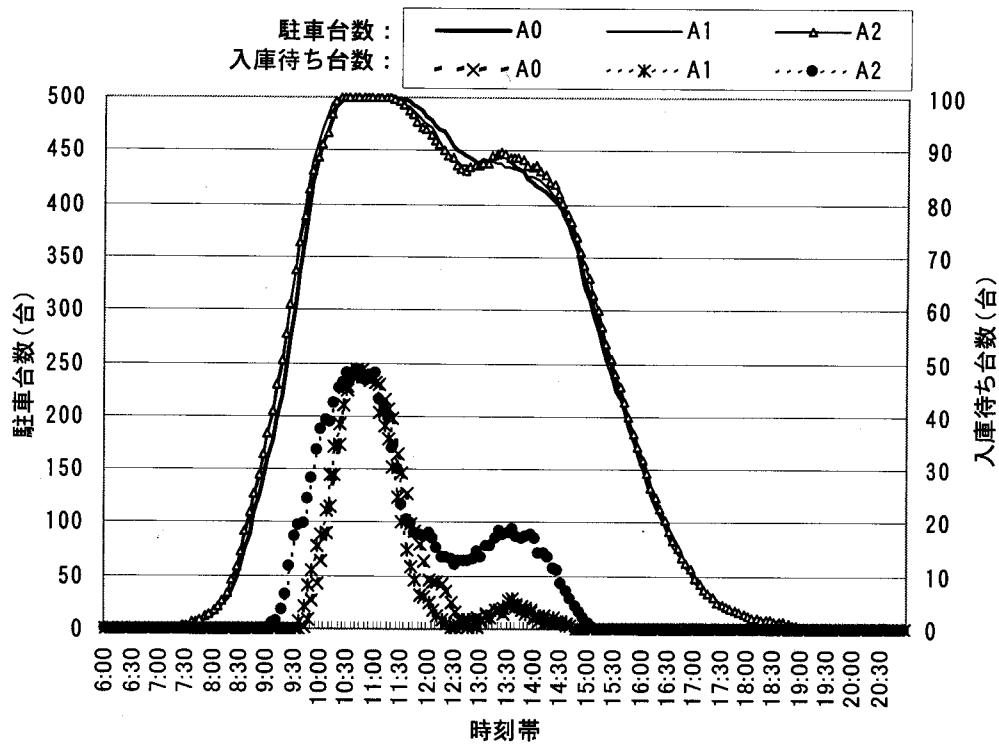
図 6.5.5 出発時刻帯別の所要時間の平均と分散  
(PGI システム導入時, 総交通需要 3,000 台)

#### 6.5.4 駐車場利用量からみた情報提供効果

全駐車場の駐車台数の和と、入庫待ち台数の和を用いて、情報提供による駐車場利用の時間的推移を考察する。シミュレーション計算の最終 10 日間の平均を、総交通需要レベルごとにそれぞれ図 6.5.6(a), (b) に示す。総交通需要が 2,000 台である図 6.5.6(a) の情報提供のないケース A0 をみると、総駐車台数の最大値はおよそ 400 台と、総駐車容量 (500 台) を下回っているが、10:00 頃より一部の駐車場で入庫待ち車両が発生していることがわかる。これは、各駐車場から目的地までの徒歩時間と、過去の利用経験により計算される待ち時間を元に駐車場選択を行った結果、多少待ち時間が生じていても近い駐車場を選択したためである。各ケースを比較すると、ケース A2 において入庫待ち車両が最も早い時間帯から生じており、なおかつ最大待ち台数も最も大きくなっている。これは、情報提供による過敏反応、すなわちハンチング現象が生じた結果と考えられる。また、ケース A0 とケース A1 を比較すると、入庫待ち車両数の最大値が A0 の方が大きく、情報提供によって混雑している駐車場を避けた車両により入庫待ち時間が減少したことが確認できる。所要時間短縮効果が最大であった 10:00~11:00 は、駐車場の利用台数が急激に増加している時間帯で、なおかつ待ち行列車両が発生し始めているときである。総交通需要が 3,000 台である図 6.5.6(b) においても、総交通需要 2,000 台と類似した傾向にある。このケースにおいては、すべての駐車場が満車となる時間帯が 10:30~11:30 まで 2 時間程度継続している。情報が機能していないケース B2 の場合では、すべての駐車場が満車となる以前から待ち行列が生じ始めている。情報に対する過敏な影響により、逆に駐車場利用に偏りが生じたものといえる。情報提供により目的地までの所要時間短縮効果が確認された時間帯は 12:00~13:00 頃であるが、この時間帯とは、入庫待ち行列が存在し、なおかつ駐車台数が総駐車マス数よりも少ない状況である。逆に全ての駐車マスが埋まっている 10:30 の時間帯について図 6.5.5(a) をみると、B1 の情報利用層の所要時間と B0 の値はほぼ同程度であり、情報提供を行っても所要時間短縮は期待できない。すなわち、総駐車台数を超えるような駐車需要が生じているような時間帯では情報提供では駐車場利用の分散をはかることができないが、その後駐車容量に余裕のある時間帯においては若干の所要時間短縮効果が見込まれるといえる。



(a) 総交通需要 2000 台



(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.5.6 駐車場の利用状況と入庫待ち台数の推移 (情報提供の効果)

### 6.5.5 道路交通量からみた情報提供効果

最後に、道路交通状況から見た情報提供の効果について考察を加える。日リンク交通量をもって評価することにした。考察対象のネットワークにおいては80本以上のリンクがあり、個々のリンクに対して分析を行うことは現実的でない。そのため、図6.5.7に示すように、全リンクを3つのゾーンに分割して考察を加える。ゾーン1は都心部地域となっており、この中に存在する駐車場BおよびDは利用が集中しやすい駐車場である。また、ゾーン2は都心周辺地域であり、残りの駐車場全てがこのゾーンに含まれる。図6.5.8(a), (b)に、それぞれ総交通需要が2,000台、3,000台の場合の、ケースごとのゾーン別日リンク交通量を示す。総交通需要が2,000台のケースでは、都心部であるゾーン1では、情報が効果的に機能している場合にはおよそ4%の交通量削減が期待できることがわかる。情報提供を行うことによって、都心部の駐車場が混雑していることがあらかじめわかっている場合、都心部から離れた駐車場を利用することで都心部の交通集中を緩和させることが可能であるといえる。一方、ゾーン2, 3についての日リンク交通量は、ケースごとでほとんど相違がなかった。総交通需要が3,000台のケースにおいては、情報が効果的に機能しているケースB1の場合、ゾーン1およびゾーン2において交通量の削減が期待できる。都心部に対応するゾーン1においては、総交通量はおよそ4%の削減であった。また、図6.5.8(b)より、情報が機能していないケースB2において、都心部の交通量がケースB0と比較して19%ほど増加している。これは、情報提供によるハンチング現象の結果うろつき車両が増加し、結果的に交通量が増加してしまうためと考えることができる。以上より、情報提供が機能している場合には都心部の交通量削減が期待されるが、情報がうまく機能しないような状況であるならかえって都心部の道路交通量を増加させてしまうこともありうるという。

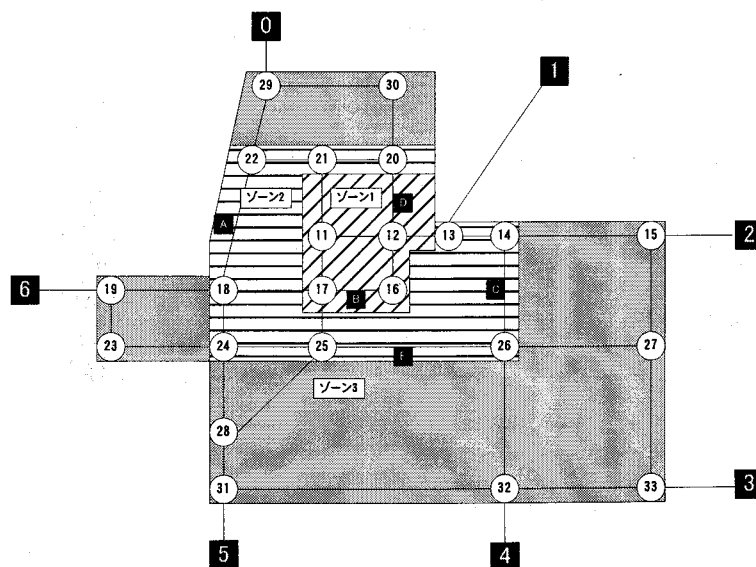
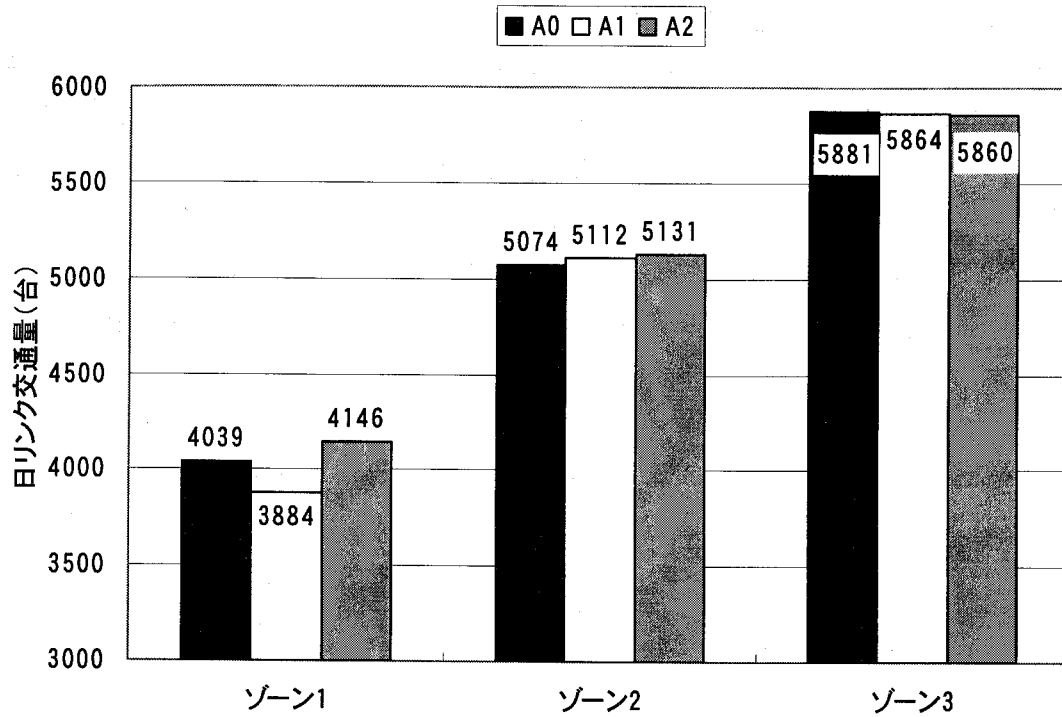
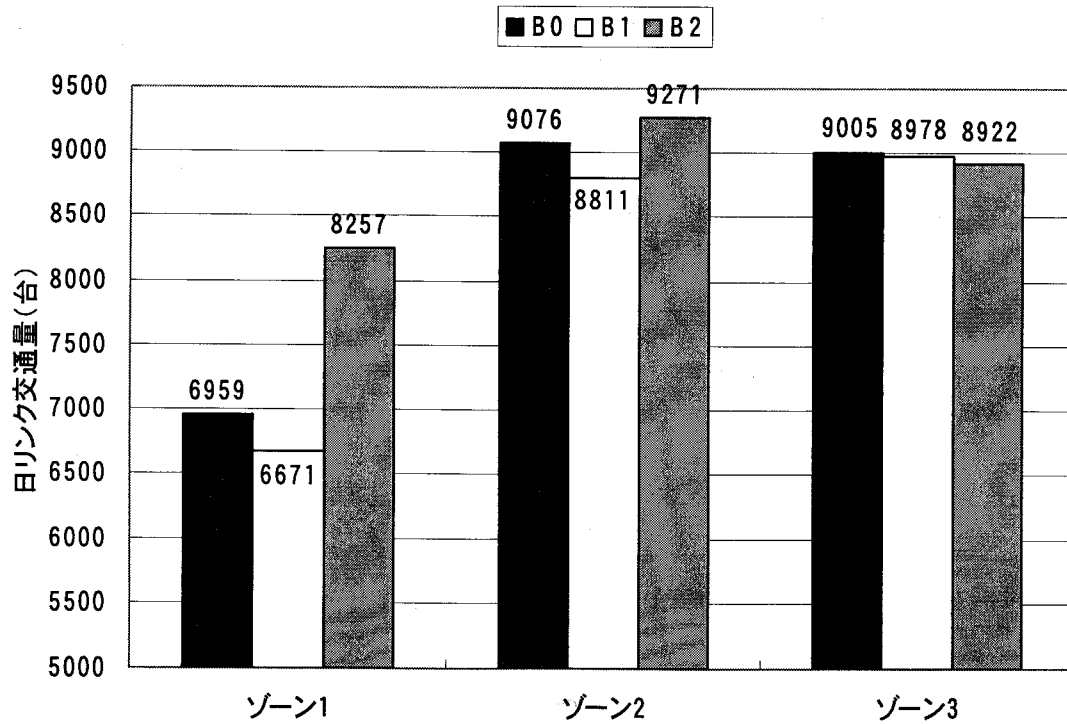


図 6.5.7 道路交通状況考察のためのリンクの分類



(a) 交通需要 2,000 台



(b) 交通需要 3,000 台

図 6.5.8 ゾーン別の日リンク交通量 (PGI システム導入時)

## 6.6 駐車場予約システムの導入効果

### 6.6.1 設定条件

前節の考察によって、PGI システムは、駐車場の混雑のピーク時においても、容量に余裕のある駐車場があれば有効に機能するものの、駐車需要に対して供給量が絶対的に不足しているような状況においては、それほど大きな効果は望めないことが明らかとなった。そのため、本節においては、空間的な需要の平滑化のみならず時間的にも平滑化をもたらす PR システムの導入効果について、交通流シミュレーションモデルを用いて分析する。5カ所の駐車場のうちいくつかを予約駐車場とし、シミュレーション計算を実施する。また、全ての利用者が予約駐車場の利用を検討するとは思えないため、全サンプルのうちの予約システムを通じての予約駐車場の利用可能性を確認する割合（ここでは予約可能性確認割合と呼ぶ）を変動させ、その影響も考察する。さらにいくつかのケースを例にとって、PR システムの導入効果を詳細に検討していく。

### 6.6.2 予約駐車場の位置と導入効果

#### a) ケース設定

まず予約駐車場の位置を変更させ、その予約駐車場の配置による導入効果の相違を確認する。予約可能性確認割合は 50%とする。表6.6.1に、検討した予約駐車場の組み合わせを示す。ケース 1 は、郊外部に位置する規模の大きい駐車場を予約制としたケースであり、ケース 2 および 3 は、都心部に位置する駐車場を予約制としたケースである。予約駐車場の存在しないケース（ケース 0）を含め、4 ケースのシミュレーション計算を実施した。なお、総交通需要についても、前節同様 2,000 台、3,000 台の双方を対象とする。総計算ケース数は 8 ケースとなる。

表 6.6.1 考察対象とした予約駐車場の組み合わせ

総交通 需要	ケース名 (番号)	駐車場					全駐車容量のうち予約駐車場の 占める割合 (台数)
		A	B	C	D	E	
2,000	C0						0.00 ( 0)
2,000	C1	○					0.36 (180)
2,000	C2		○				0.10 ( 50)
2,000	C3		○	○	○		0.40 (200)
3,000	D0						0.00 ( 0)
3,000	D1	○					0.36 (180)
3,000	D2		○				0.10 ( 50)
3,000	D3		○	○	○		0.40 (200)

※ 表中○のついているものが予約駐車場

#### b) 平均走行時間からみた効果

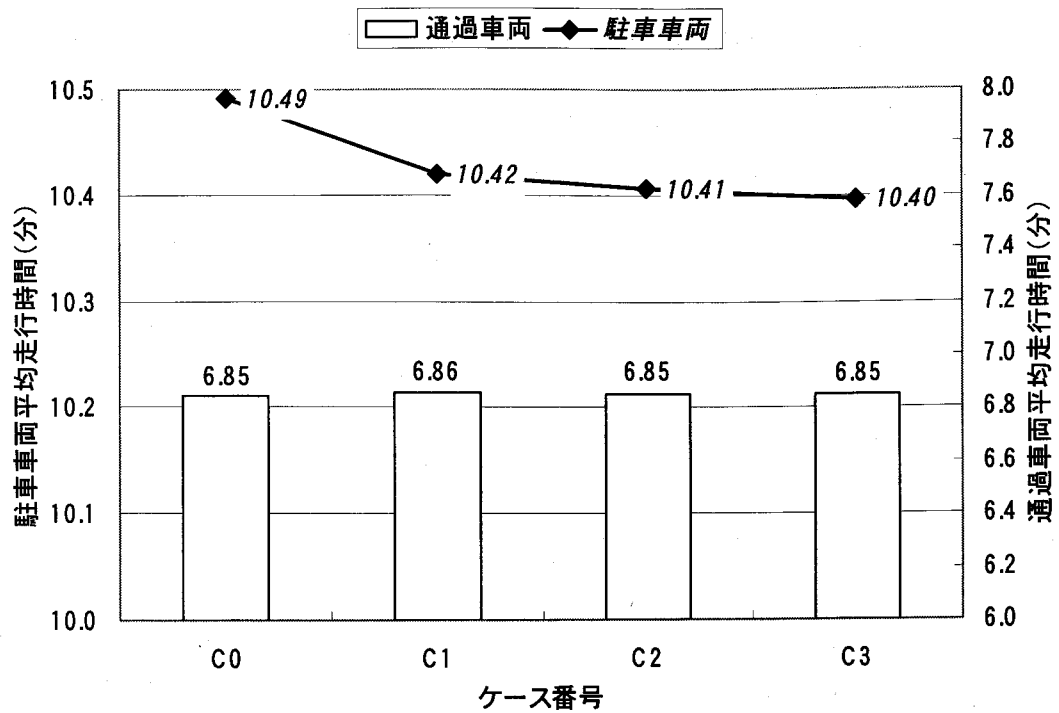
図6.6.1(a), (b)に、それぞれ総交通需要 2,000 台、3,000 台の平均走行時間計算結果を、駐



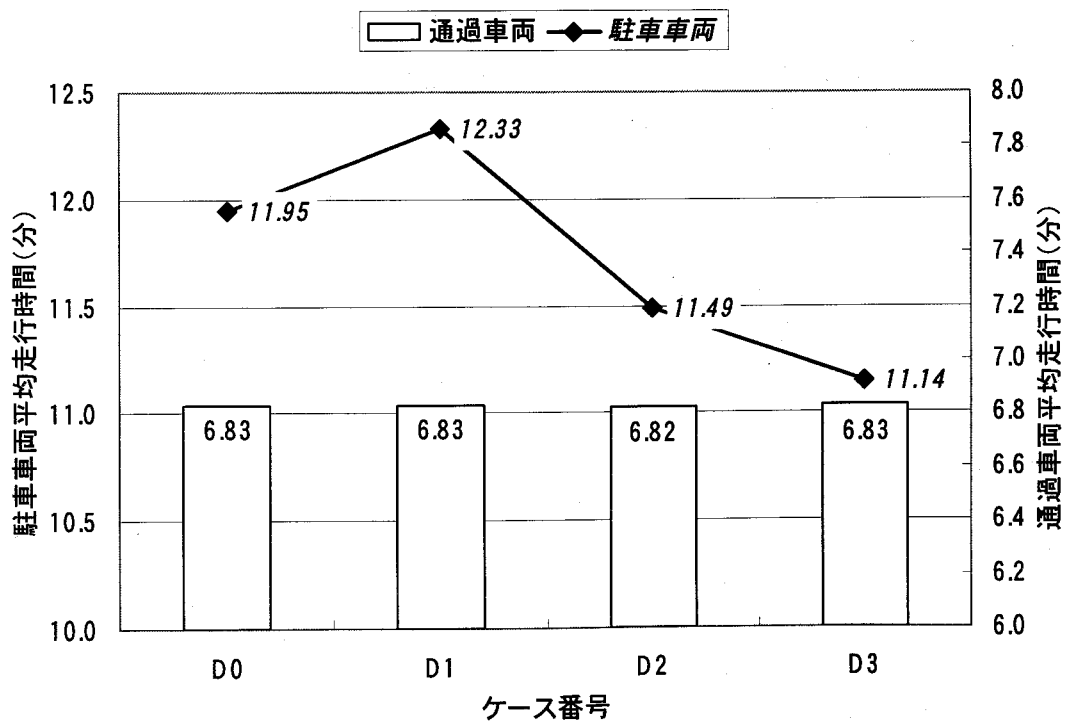
車車両、通過車両に分類して示す。通過車両についてみると、図 6.6.1 (a), (b)ともに平均走行時間は全てのケースにおいてほぼ一定であった。これは、通過車両への影響が今回のシミュレーション計算の設定ではあまり大きくないためと考えられる。次に、駐車車両について考察を行う。図 6.6.1(a)の総交通需要が 2,000 台のケースについてみると、全てのケースについて、PR システムのない場合と比較して走行時間は減少している。最も走行時間の減少が達成されているケース C3 について減少率を計算したところ、0.9%であった。一方、総交通需要が 3,000 台のケースをみると、ケース D2, D3 において平均走行時間の減少が確認できる。それぞれの減少率を計算すると、3.9%, 6.7%であり、総交通需要が 2,000 台のケースと比較して減少率は大きい。その一方で、ケース D1 については、走行時間が 3.3% 増加している。以上より、駐車場の混雑が激しい場合において、予約駐車場を都心部に配置することによって車両の平均走行時間を減少させることが可能であるが、郊外部へ予約駐車場を配置することは車両の走行時間増加につながるといえる。

#### c) 目的地までの所要時間からみた効果

駐車場利用者に対する PR システム導入効果として目的地までの所要時間を比較する。図 6.6.2(a), (b)に、総交通需要がそれぞれ 2,000 台、3,000 台のケースの計算結果を示す。グラフは、一般駐車場利用者と予約駐車場利用者を分類して計算したものと、まとめて計算した全体平均値を示しており、図中の数値は全体平均の値である。総交通需要が 2,000 台、3,000 台のどちらのケースにおいても、郊外部の駐車場を予約制としたケース C1, D1 では目的地までの所要時間の平均値が PR システムを導入しないケースより増加している。これより、郊外部に予約駐車場を配置すれば、PR システムは予約駐車場利用者にとっても所要時間短縮とはならないといえる。一方、都心部に予約駐車場を設定したケース C2, C3, D2, D3 では、所要時間の全体平均が減少し、かつ一般駐車場利用者の所要時間も減少している。総交通需要が 2,000 台のケースをみると、都心部の駐車場一つを予約制としたケース C2 と比較してケース C3 の方が所要時間の全体平均が小さいものの、予約駐車場利用者の所要時間の方が、一般駐車場利用者のそれよりも長くなっている。この理由については、各ケースの詳細分析において考察することとする。総交通需要が 3,000 台のケースでは、常に予約駐車場利用者の所要時間が一般駐車場利用者より短くなっている。また、総交通需要が 2,000 台のケースにおける予約駐車場利用者と比較しても所要時間は大きく増加しておらず、駐車需要が駐車容量を上回る状況下においては PR システムの導入が効果的であり、このとき予約駐車場利用者の所要時間短縮効果は非常に大きいといえる。以上のように、PR システムの導入に際しては、都心部に予約駐車場を設置することが望ましく、また駐車場混雑が激しい場合にはより効果的に機能することが、駐車場利用者の立場から確認された。

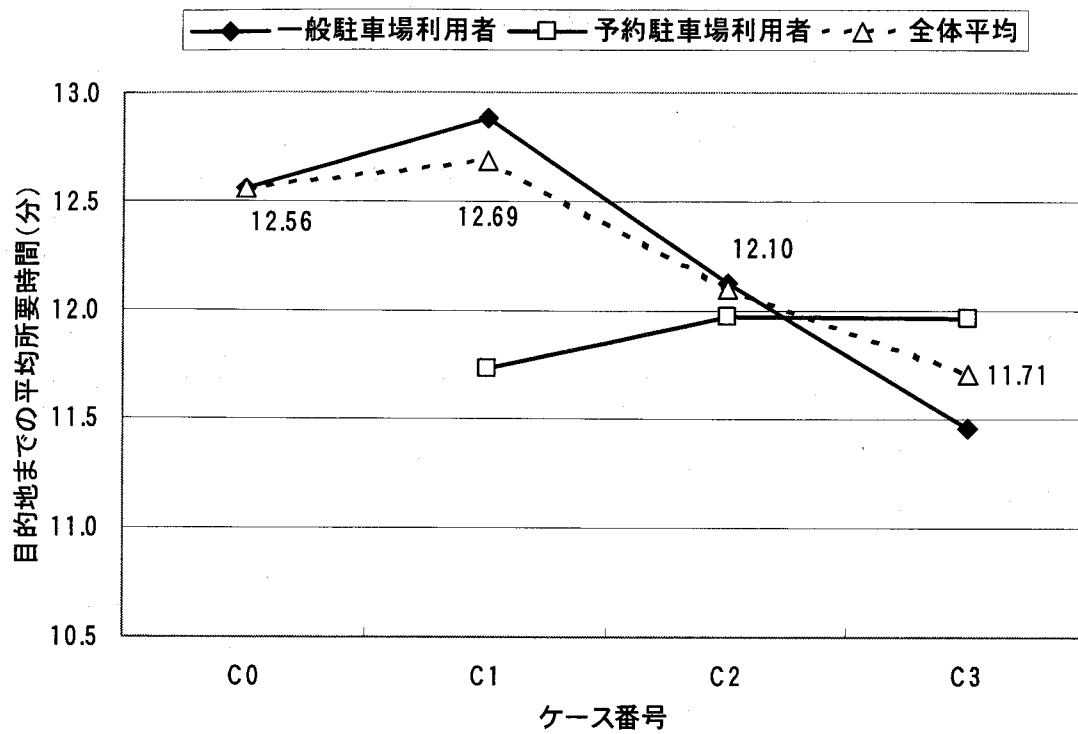


(a) 総交通需要 2,000 台

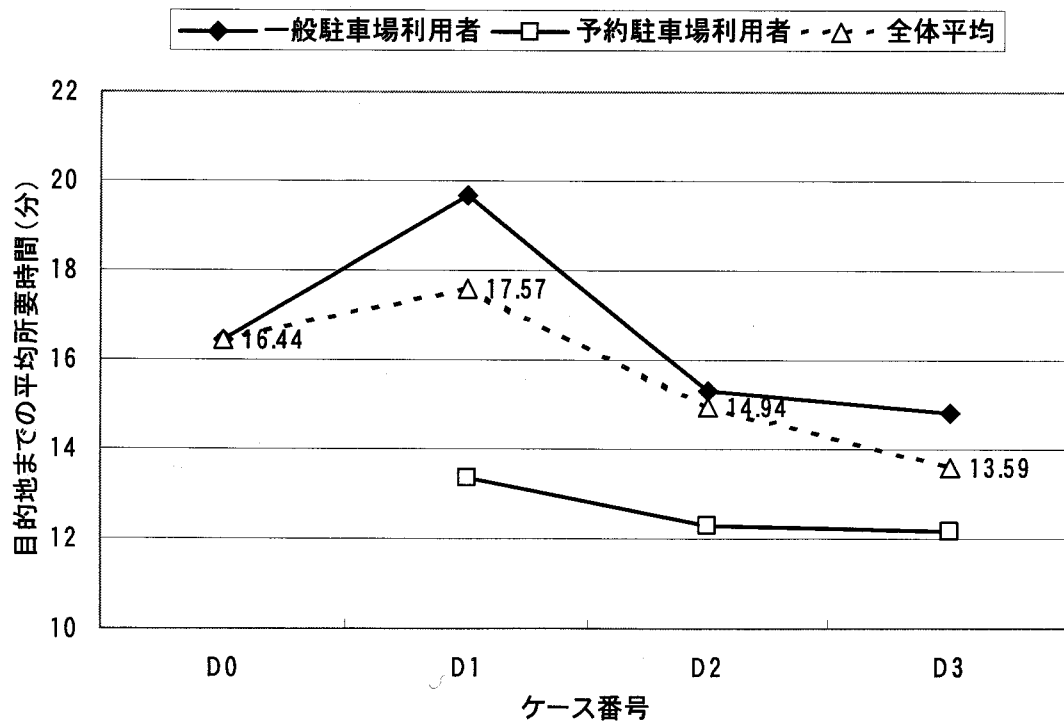


(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.6.1 予約駐車場の位置と平均走行時間の関係



(a) 総交通需要 2,000 台



(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.6.2 予約駐車場の位置と目的地までの所要時間の関係

### 6.6.3 予約可能性確認割合と導入効果

#### a) 設定条件

前項の考察においては予約可能性確認割合を50%として計算を実施した。しかしながら、予約可能性確認割合が低ければ、PRシステムが効果的に機能しないことも考えられる。第5章の考察においては、およそ30%程度の予約駐車場の利用が見込まれることが明らかとなっているが、この値が大きく変動することも考えられる。そのため、予約可能性確認割合を0~1まで0.25刻みで変化させ、シミュレーション計算を実施した。予約可能性確認割合が0とは、予約駐車場が設定されているにもかかわらず誰もその駐車場を利用しない、という設定であり、最悪の状況を示したものである。計算の設定条件を表6.6.2に示す。前項における考察ケースC1, C2, D1, D2に対して、予約可能性確認割合を変化させて考察を加える。平均走行時間および駐車場利用者の目的地までの所要時間によって評価を試みる。

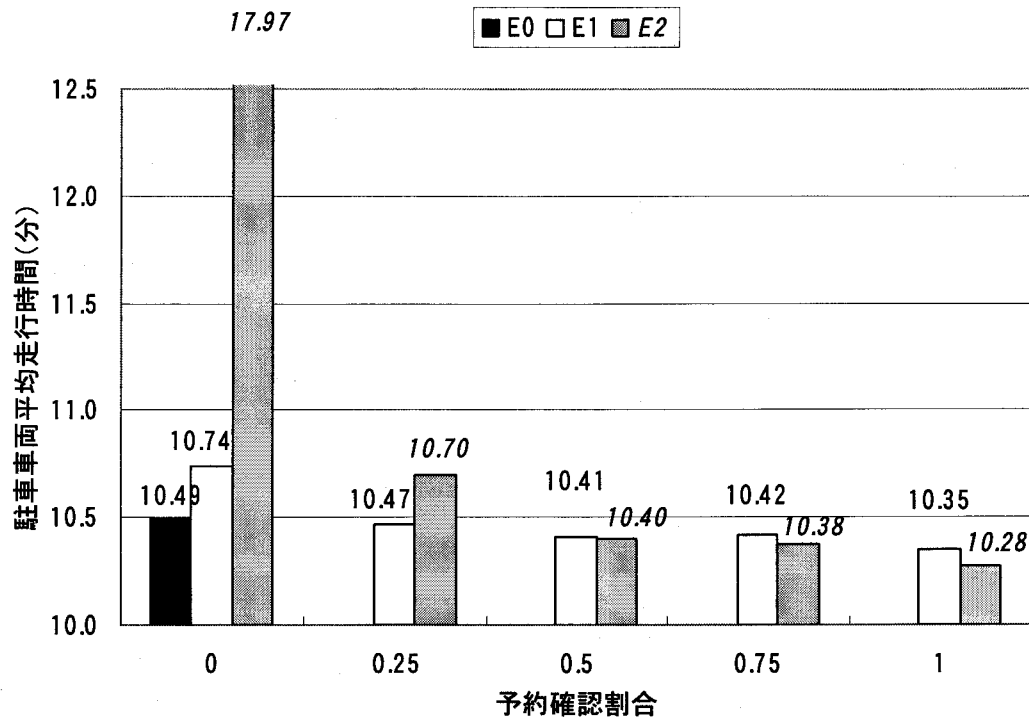
表 6.6.2 設定条件（予約可能性確認割合変化）

総交通 需要	ケース名 (番号)	駐車場					全駐車容量のうち予約駐車場の 占める割合(台数)
		A	B	C	D	E	
2,000	E0						0.00 ( 0)
2,000	E1		○				0.10 ( 50)
2,000	E2		○	○	○		0.40 (200)
3,000	F0						0.00 ( 0)
3,000	F1		○				0.10 ( 50)
3,000	F2		○	○	○		0.40 (200)

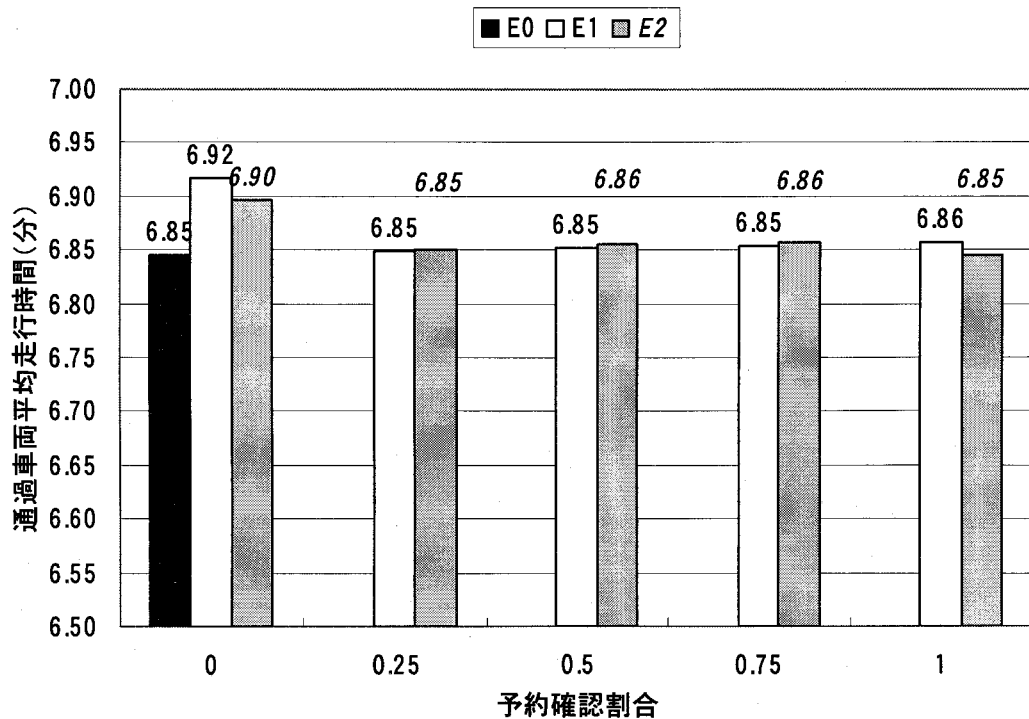
※ 表中○のついているものが予約駐車場

#### b) 平均走行時間からみた効果

図6.6.3(a), (b)は、総交通需要が2,000台のときの平均走行時間の推移を、駐車車両、通過車両ごとに示したものである。駐車車両についてみると、予約可能性確認割合が0であり、なおかつ都心部の多くの駐車場を予約制としたE2のケースの場合、大幅な所要時間の増加が見込まれることがわかる。また、都心部のひとつの駐車場を予約制にするだけでも、予約可能性を参照するサンプルが少しでも存在していれば、予約駐車場を導入していないケースよりも平均走行時間が減少する。予約可能性確認割合が1である場合においては、都心部の多くの駐車場を予約制としたケースE2が最も平均走行時間が短い。平均走行時間の減少率を計算すると、ケースE2の予約可能性確認割合が1のときで、2%程度であった。通過車両についてみると、予約可能性確認割合が0であるケース以外の走行時間はほとんど変化しておらず、予約可能性を確認するサンプルが何割か存在しているならば、通過車両への影響はない。以上より、予約可能性確認割合が小さい場合には、予約駐車場は少ない方が平均走行時間の観点からは望ましいが、予約可能性確認割合が大きければ、その分予約駐車場を整備した方が効果的であるといえる。



(a) 駐車両



(b) 通過車両

図 6.6.3 予約確認割合と平均所要時間の関係（総交通需要 2,000 台）

続いて、総交通需要が 3,000 台のケースについて考察を加える。図 6.6.4(a), (b)は、総交通需要が 3,000 台のケースにおける駐車車両、通過車両の平均走行時間を示したものである。全体としての傾向は、交通需要 2,000 台のケースとほぼ同様であるものの、予約可能性確認割合が 0 である場合の平均走行時間の増加が著しい。このケースにおいては、予約可能性確認割合が 0.25 である場合においても、予約制を導入しないケースより平均走行時間が長い。駐車需要が駐車容量を超えている状況において、予約駐車場の周知を徹底せずに PR システムを導入した場合には、平均走行時間が著しく増加するといえる。PR システムと PGI システムの相違点は、PR システム導入時においては、予約可能性確認割合が大きくなったとしたにもかかわらず交通状況が悪くなる、といった現象が発生しないことである。すなわち、積極的に予約可能性を参照する利用者を増加させることによって、社会的にもより望ましい状況に導くことが可能といえる。

#### c) 目的地までの所要時間からみた効果

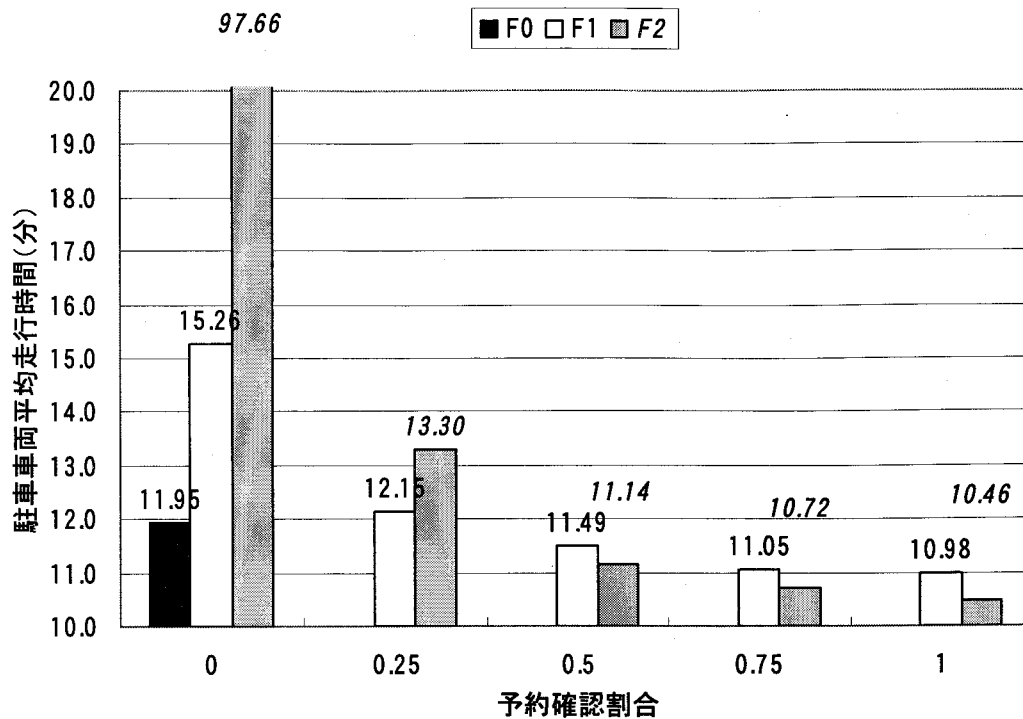
駐車場利用者からみた効果として、目的地までの所要時間から予約可能性確認割合による PR システムの導入効果の差異について考察を加える。図 6.6.5(a), (b), (c), (d)は、それぞれケース E1, E2, F1, F2 の、駐車場利用者の目的地までの所要時間の平均値の推移を、予約駐車場利用者、一般駐車場利用者および全体平均について示したものである。また、併せて予約駐車場を導入しないケース、すなわち総交通需要 2,000 台の場合はケース E0、総交通需要 3,000 台の場合はケース F0 の値も、棒グラフによって併せて示している。まず、図 6.6.5 (a)のケース E1 より、予約可能性確認割合が 0.25 以上であるなら予約駐車場を導入することによって駐車場利用者の目的地までの所要時間が減少することが期待される。特に、一般駐車場利用者の所要時間も減少していることより、PR システムを導入することによって、予約駐車場を利用しないサンプルにも効果があるといえる。全てのサンプルが予約可能性を確認するとすると、およそ 4.3%の所要時間短縮が見込まれる。次に、ケース E2 についてみる。予約可能性確認割合が 0 のケースにおいては、所要時間の増加が著しく、また予約可能性確認割合が 0.25 のケースにおいても、PR システムを導入しない E0 のケースより所要時間が長い。しかしながら、予約可能性確認割合が 0.5 以上になればケース E0 よりも所要時間が短くなり、さらに予約可能性確認割合が 1 になると所要時間はケース E1 と比較しても短く、PR システムを導入しないケースと比較しておよそ 8.3%の所要時間短縮が見込まれる。予約を参照するドライバーが多ければ、多くの予約駐車場を設置することがより駐車場利用者に効果的に機能することを示した結果といえる。図 6.6.5 (c)のケース F1 においても、予約可能性確認割合が 0.25 以上であるなら目的地までの所要時間は PR システムを導入しないケースよりも短くなっており、また予約可能性確認割合が 1 である場合には 15.2%の所要時間短縮が期待される。さらに、ケース F2 では、予約可能性確認割合が 0.5 以上でなければケース F0 と比較して所要時間が長くなっているが、予約可能性確認割合が 1 のケースでは、27.7%もの大幅な所要時間短縮が実現されている。予約可能性確

認割合が高く、予約駐車場が少ない場合でもPRシステムの導入効果は見込まれることより、まずは最も混雑の激しい駐車場から順次予約駐車場に設定し、予約駐車場に関する認識を高めつつPRシステムを導入してことが望ましいといえる。

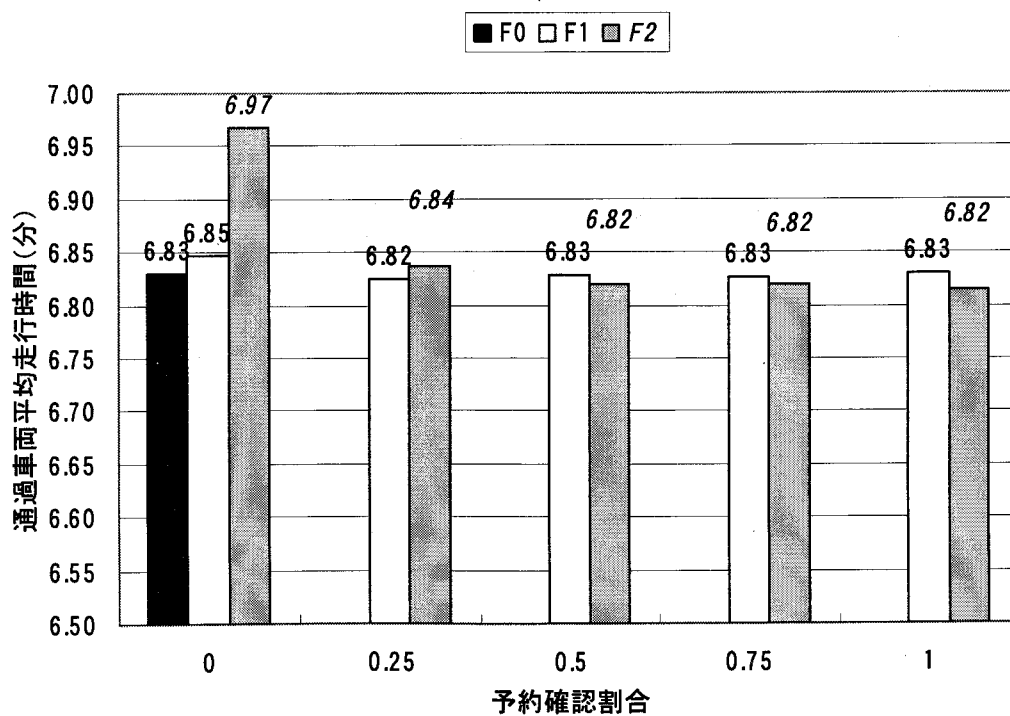
以上の分析より、PRシステムによって社会的効果が生じ、かつ利用者にとっても所要時間短縮効果があることが明らかになった。以下では、表6.6.3に示す、PRシステムが部分的に機能しているケースと、PRシステムが最も効果的に機能しているケースを考察対象としてPRシステムの導入効果をより詳しく分析することにする。

表 6.6.3 PR システム導入効果の詳細分析ケース

交通需要 レベル	PR システムのない ケース	PR システムが部分的に機 能しているケース	PR システムの潜在効果を 考察するケース
2,000	【ケース G0】	駐車場 B のみ予約駐車場 (予約可能性確認割合 0.5) 【ケース G1】	駐車場 B, C, D を予約 (予約可能性確認割合 1.0) 【ケース G2】
3,000	【ケース H0】	駐車場 B のみ予約駐車場 (予約可能性確認割合 0.5) 【ケース H1】	駐車場 B, C, D を予約 (予約可能性確認割合 1.0) 【ケース H2】



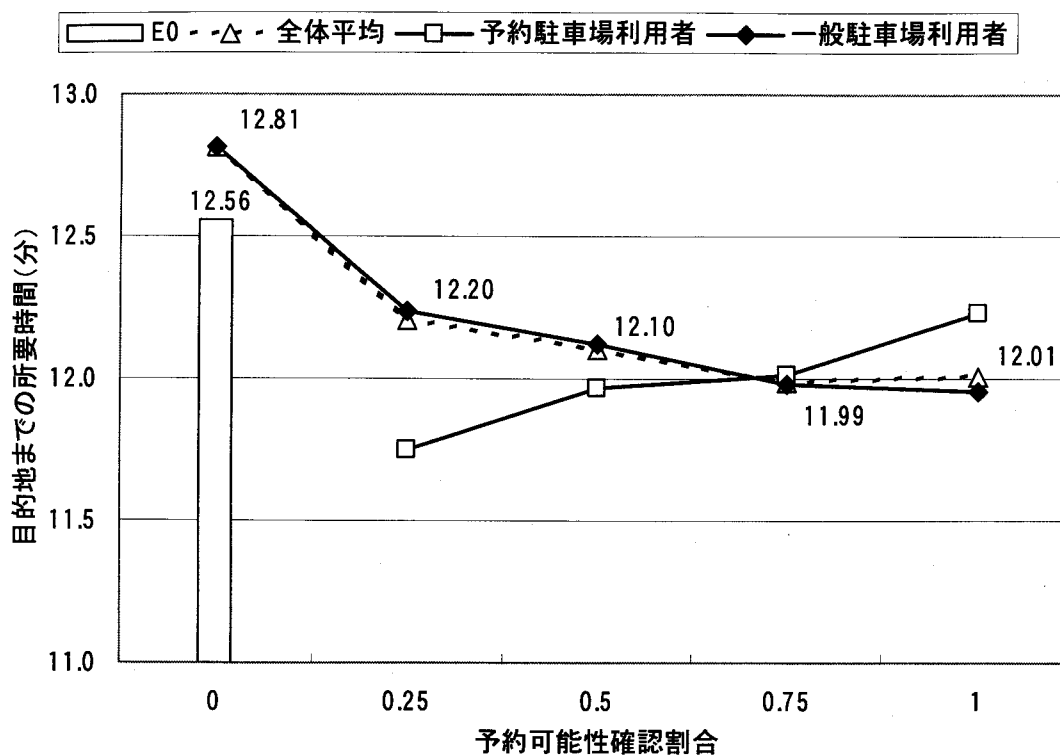
(a) 駐車車両



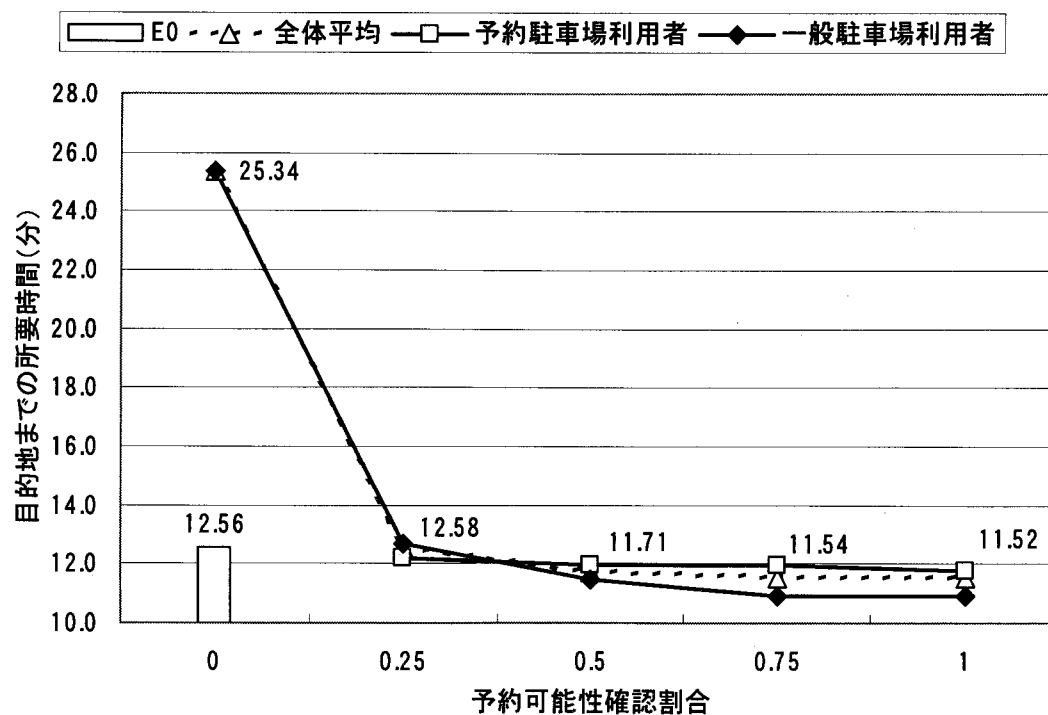
(b) 通過車両

図 6.6.4 予約可能性確認割合と平均所要時間の関係 (総交通需要 3,000 台)



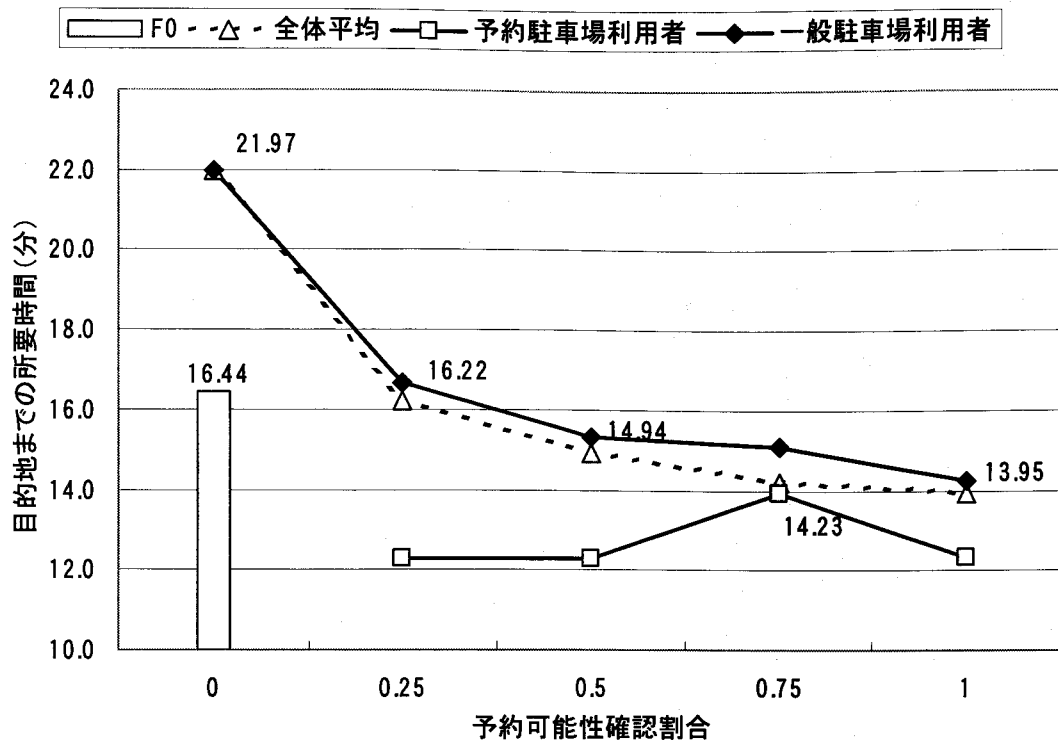


(a) ケース E1

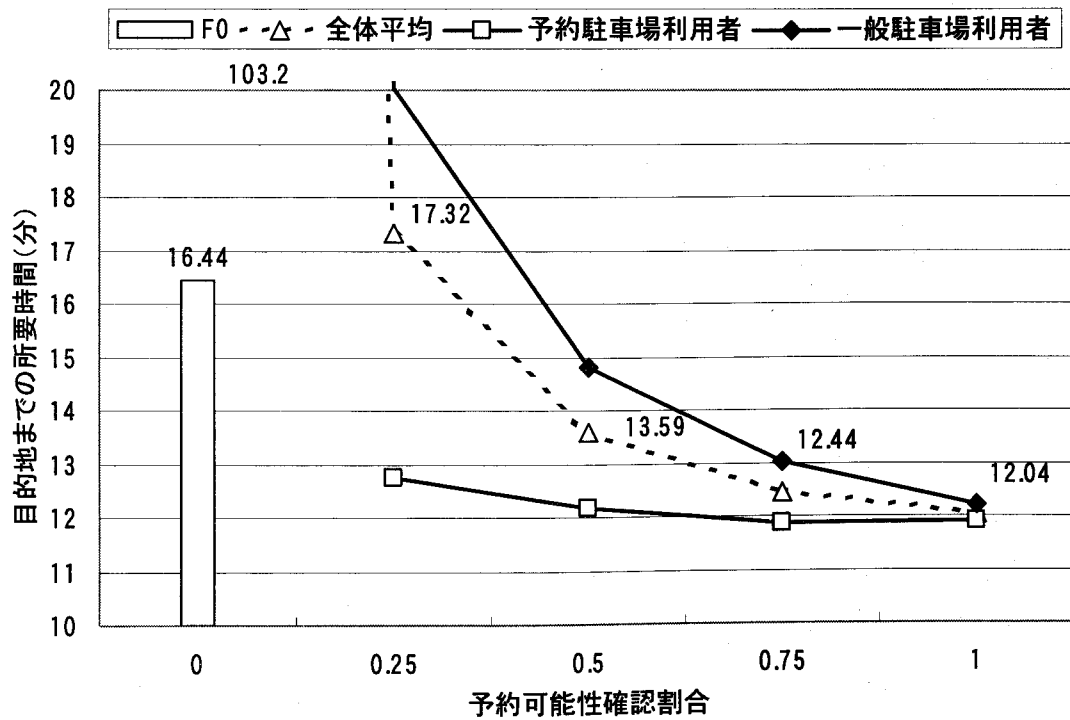


(b) ケース E2

図 6.6.5 予約可能性確認割合と目的地までの所要時間の関係



(c) ケース F1



(d) ケース F2

図 6.6.5 (つづき) 予約可能性確認割合と目的地までの所要時間の関係

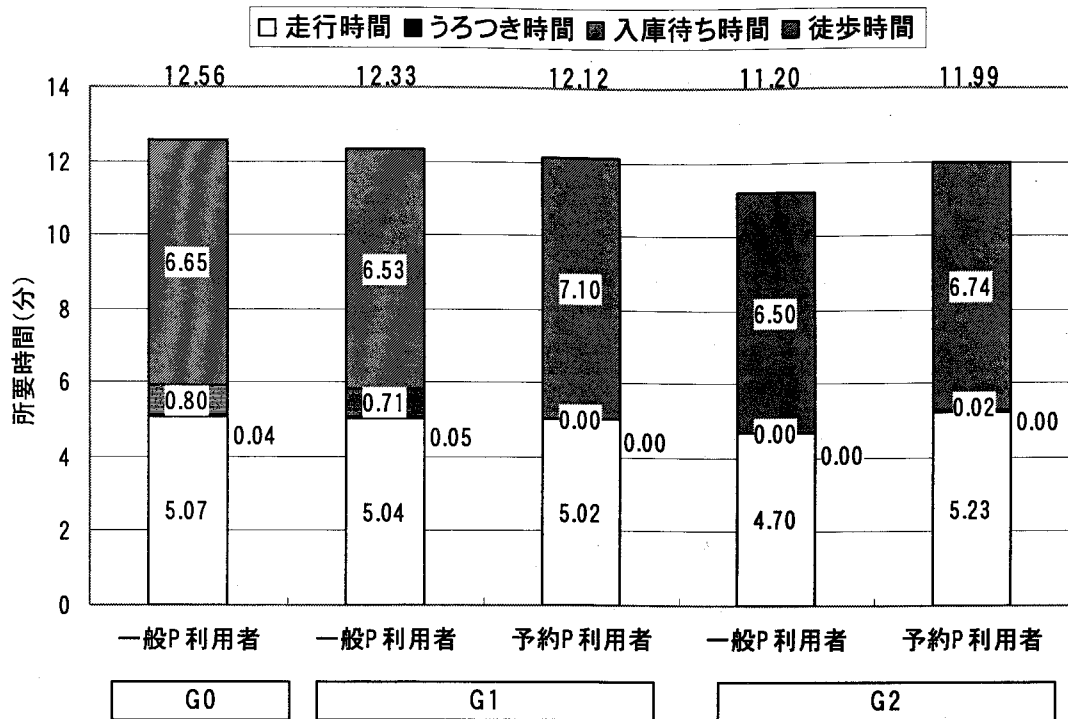
#### 6.6.4 駐車場利用者からみた導入効果

##### a) 所要時間の内訳

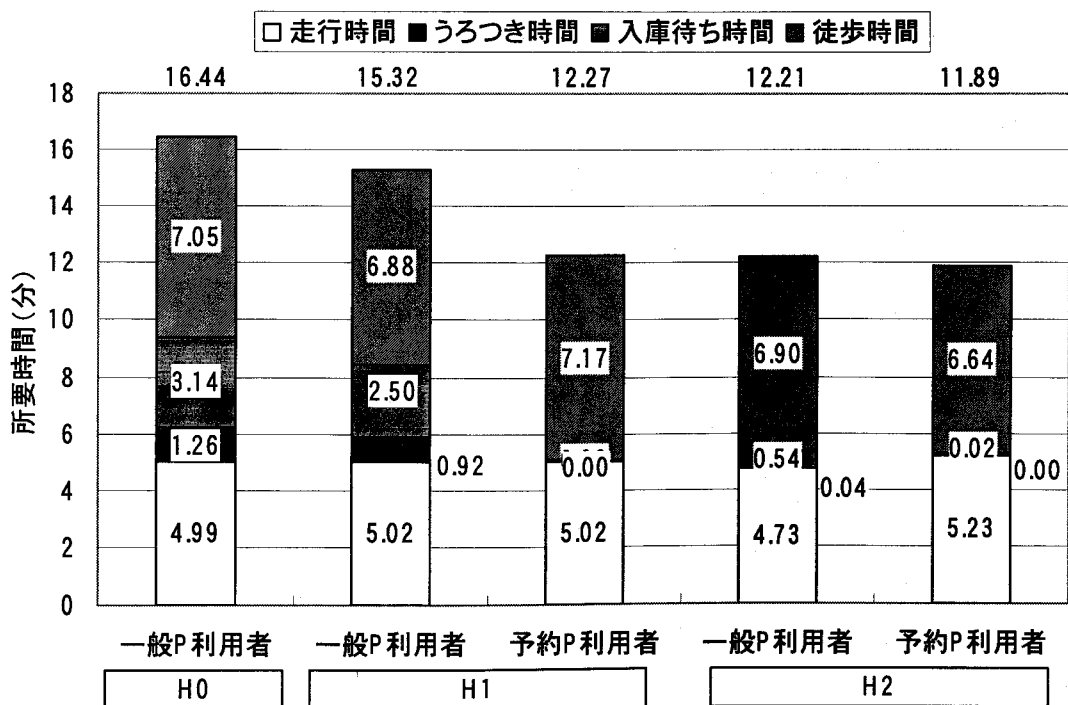
図6.6.6(a), (b)に、それぞれ交通需要が 2,000 台、3,000 台のケースについて、駐車場利用者の目的地までの所要時間の平均値の計算結果を示す。ケース G1, G2, H1, H2 については、駐車場利用者を予約駐車場利用者（図中予約 P 利用者）、一般駐車場利用者（図中一般 P 利用者）に分類して集計している。予約駐車場利用者についてはうろつき時間が 0 となっていることが確認できる。これは、出発地においてあらかじめ駐車スペースを予約しておくため、その他の駐車場を探さなければならない状況は起こりえないためである。入庫待ち時間については、ケース G2 については 0.02 とゼロではないが、これは交通渋滞などによる遅れにより予約駐車場への入庫が遅れたとしても予定の駐車時間だけ駐車する設定となっていることより、その後の車両が予約しているにもかかわらず駐車場が満車となるケースが存在するためである。ここでは予約駐車場に対する余裕を駐車容量の 10%としてシミュレーション計算を実施しているが、これだけの余裕を準備しておけばほとんど入庫待ちなく駐車車両を捌くことが可能であることがわかる。総交通需要が 2,000 台のケースについて詳しくみると、まずケース G1 について、予約駐車場利用者と一般駐車場利用者を比較すると、走行時間はほぼ同じであるが、目的地までの徒歩時間は一般駐車場利用者の方が短い。これは、予約駐車場として設定しているのが駐車場 B のみであるのに対して、一般駐車場は複数存在することより、一般駐車場利用者はより目的地に近い駐車場を選択可能なためといえる。ケース G0 とケース G1 の一般駐車場利用者を比較すると、入庫待ち時間が若干減少している。ケース G2 をみると、一般駐車場利用者のうろつき時間および入庫待ち時間も 0 になっている。また、走行時間、徒歩時間も、予約駐車場利用者より短い。全てのドライバーが予約可能性を参照するため、予約駐車場選択率が上昇し、結果的に一般駐車場の方が若干空いているような状況になっていると考えられる。

ケース H1 の予約駐車場利用者と一般駐車場利用者を比較すると、走行時間はほとんど変わらず、徒歩時間は予約駐車場利用者の方が長い。うろつき時間、入庫待ち時間の影響で、予約駐車場利用者の所要時間の方が大幅に短くなっている。ケース H2 については、予約駐車場利用者については走行時間が長く、一般駐車場利用者は徒歩時間が長い。合計としての所要時間はほとんど同程度となっている。

以上の結果より、PR システムを導入することによって、うろつき時間、入庫待ち時間の大幅な減少が生じ、全体としての所要時間の短縮が実現されるといえる。



(a) 総交通需要 2,000 台



(b) 総交通需要 3,000 台

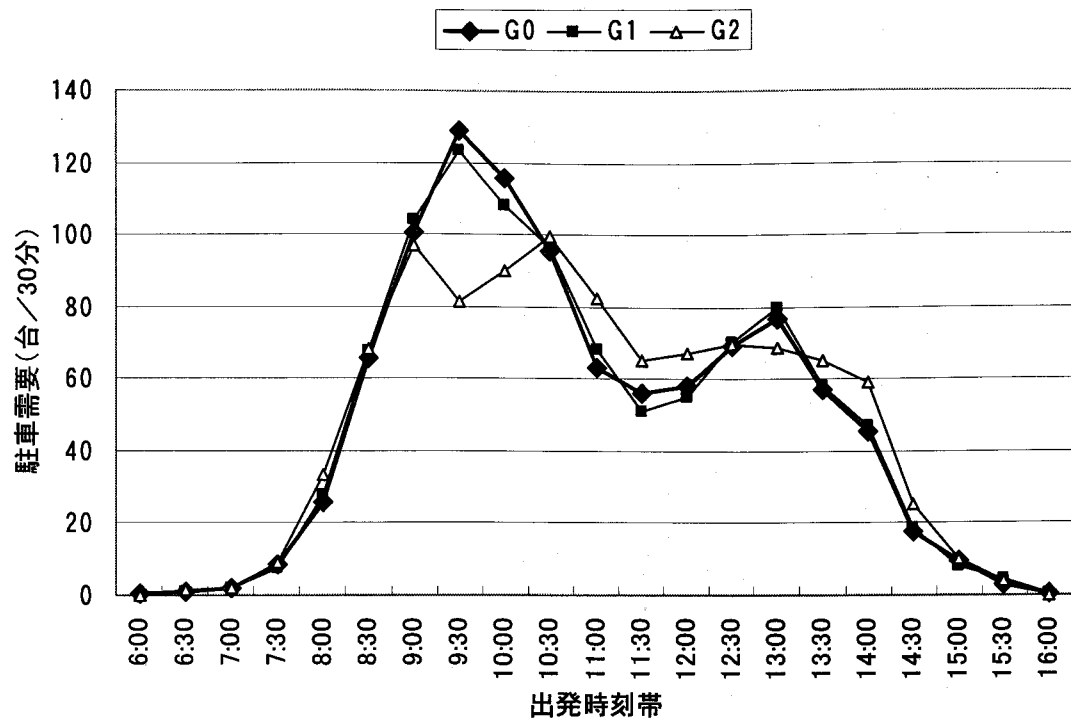
図 6.6.6 目的地までの所要時間の内訳 (PR システム導入時)

#### b) 出発時刻帯別の駐車需要

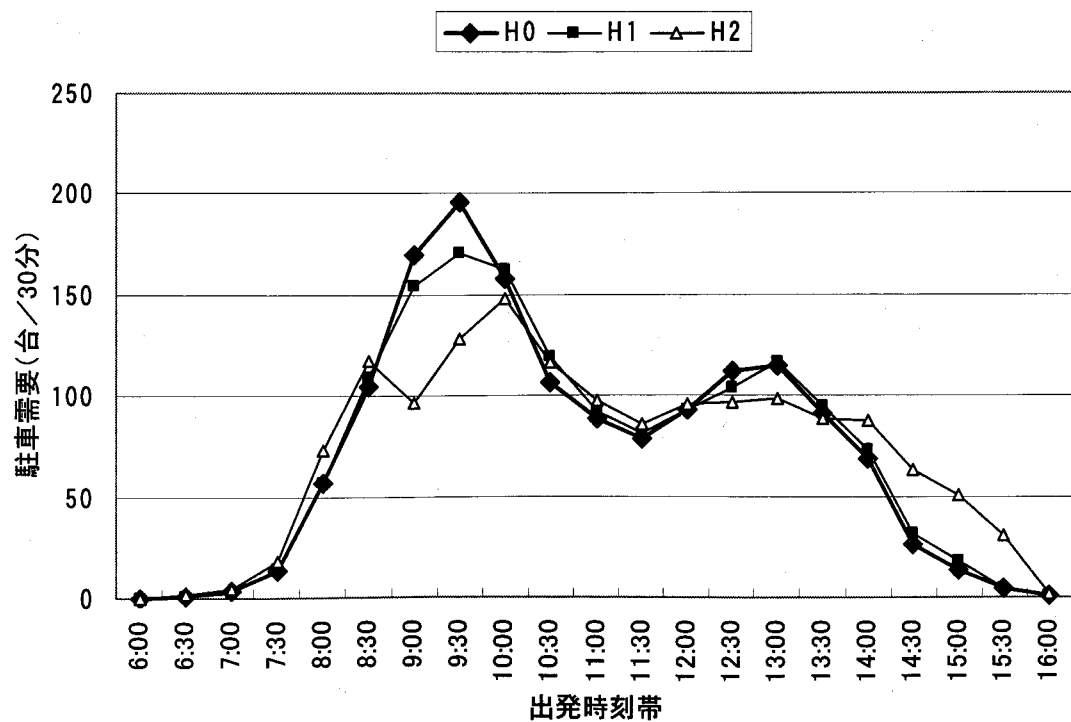
PR システムの導入によって期待されるのは、出発時刻の変更が可能なサンプルが予約駐車場を利用するために出発時刻を変更することで、駐車需要の時間的な集中を緩和することである。本シミュレーションモデルにおいては、出発時刻を遅らせることによってこの効果を表現している。図6.6.7(a), (b)に、それぞれ総交通需要が 2,000 台、3,000 台のケースの、出発時刻ごとの駐車需要を示す。都心部 3 駐車場を予約制とした G2, H2 をみると、総交通需要が 2,000 台のときには 9:00 から 9:30 の間で、3,000 台のときには 8:30 から 9:00 の間で交通需要の落ち込みがある。この時間帯前後で予約駐車場が満車となり、出発時刻を遅らせはじめていることがわかる。また、12:30~13:30 にみられる午後の需要のピークについても平滑化されている。これらの需要は後の時刻へ移行しており、特に交通需要が 3,000 台であるケース H2 においては、14:30 以降に出発したサンプルが多く存在している。一方、駐車場 B のみを予約制としたケース G1, H1 については、ピーク時間帯以外における駐車需要の発生については PR システムのないケースとほとんど相違はない。ピーク時間帯の駐車需要が若干平滑化されているにすぎないともいえるが、それにもかかわらず前項で考察した目的地までの所要時間は大きく減少している。これより、ピーク時間帯の数パーセントの駐車需要を少しでも平滑することが可能ならば、都市内の駐車状況は大きく改善されるといえる。

#### c) 目的地までの所要時間の出発時刻帯別の推移

図6.6.8(a), (b)に、総駐車需要が 2,000 台のときの、出発時刻 30 分刻みの目的地までの所要時間の平均値および標準偏差を示す。8:00 以前や 15:00 以降の時間帯において所要時間の平均値および標準偏差は変動しているが、これはサンプル数が少ないためである。PR システムが導入されていないケース G0 とケース G1 を比較すると、目的地までの所要時間の平均値は、G0 とケース G1 の一般駐車場利用者とはほとんど変わらないものの、G1 の予約駐車場利用者は 12 分程度で安定している。標準偏差についてみると、G1 の一般駐車場利用者は G0 より若干低い値となっており、また G1 の予約駐車場利用者については 4 分程度で安定している。ケース G1 と G2 を比較すると、G2 の予約駐車場利用者の所要時間は G1 の予約駐車場利用者のそれとほとんど同様であるが、一般駐車場利用者の所要時間は G2 の方が短い。この理由は、ケース G2 においては、郊外部の 2 駐車場のみが一般駐車場となっており、多くのサンプルが都心を通過せずに到着する駐車場を利用しているのに対して、ケース G1 では都心部にも一般駐車場が存在しているためと推察される。

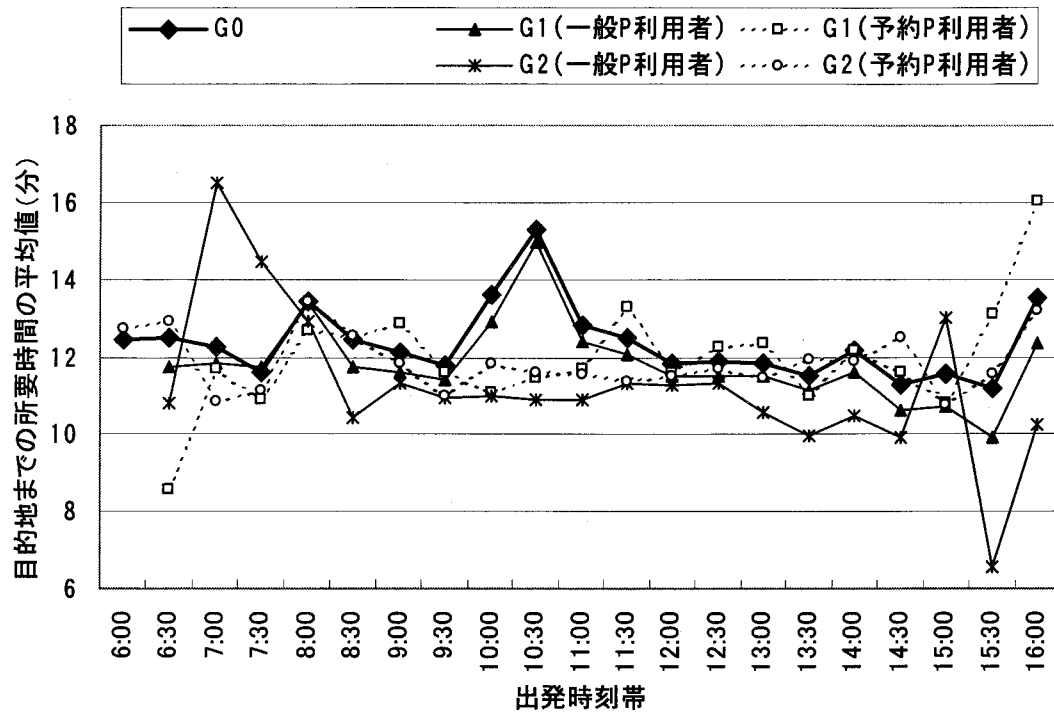


(a) 総交通需要 2,000 台

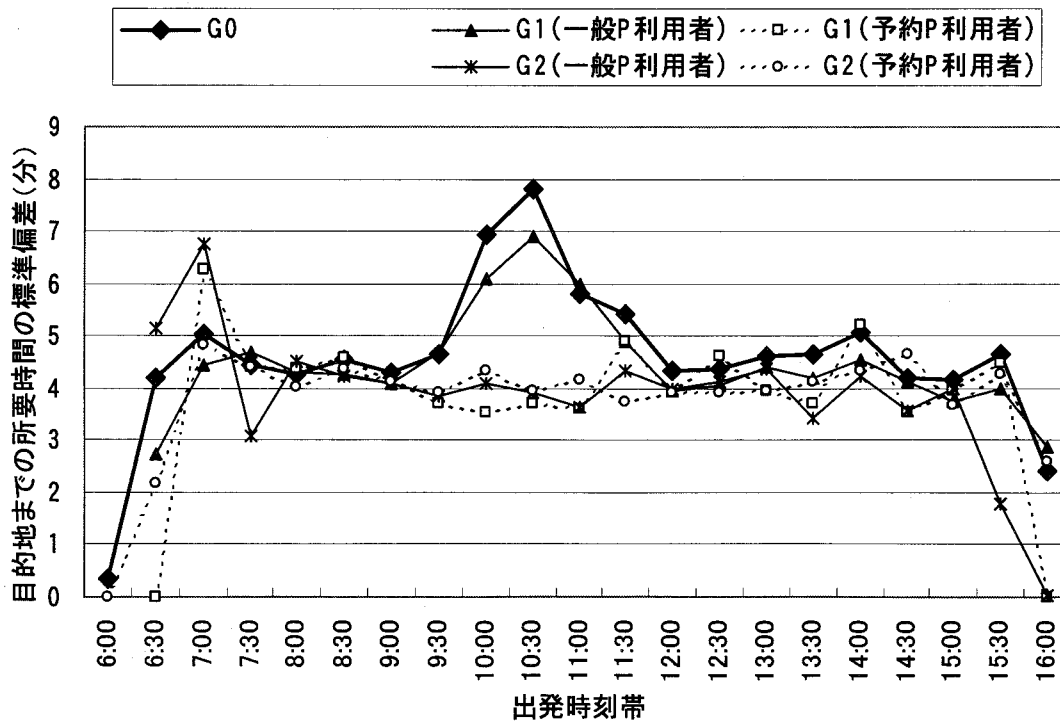


(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.6.7 出発時刻ごとの駐車需要 (PR システム導入時)



(a) 平均値



(b) 標準偏差

図 6.6.8 出発時刻帯別の所要時間の平均と分散  
(PR システム導入時, 総交通需要 2,000 台)

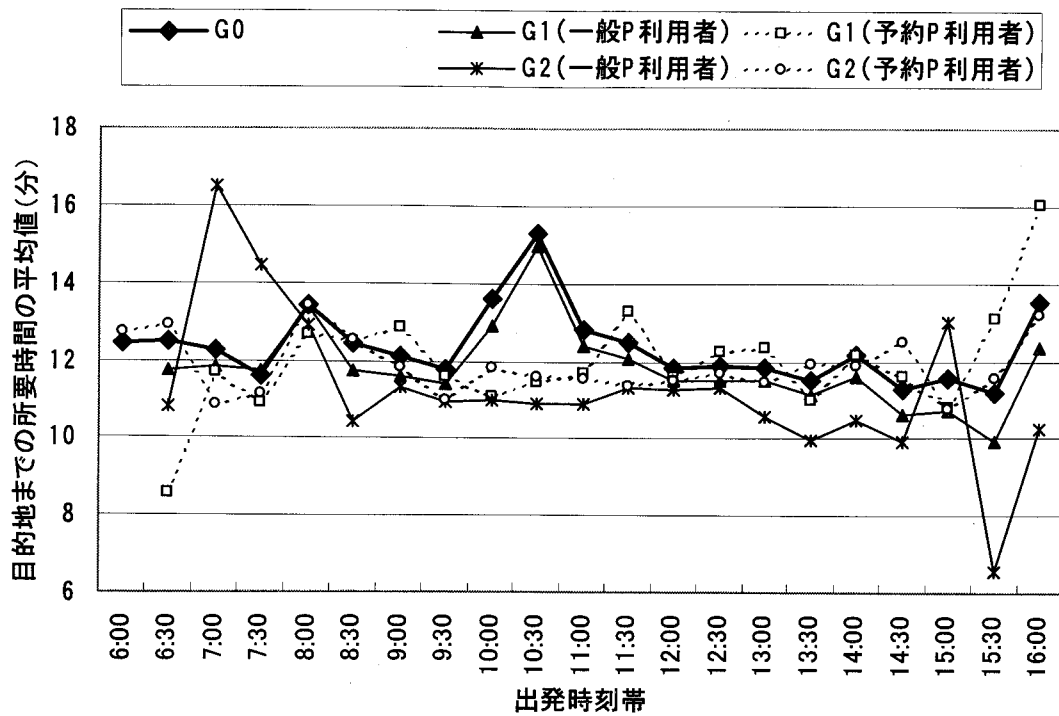
総交通需要が 3,000 台のケースについて、出発時刻ごとに目的地までの所要時間の平均および標準偏差を計算した結果を図 6.6.9(a), (b)に示す。予約駐車場利用者の所要時間の平均および標準偏差をみればわかるように、総交通需要が 3,000 台のケースにおいても、目的地までの所要時間の平均値は 12 分程度、標準偏差は 4 分程度に安定している。すなわち、予約駐車場を利用することによって、目的地までの所要時間の信頼性が大幅に上昇する。一方、一般駐車場利用者の所要時間をケース H0, H1 で比較すると、ピーク時間帯において、ケース H0 と比較して所要時間平均値および標準偏差の減少がみられる。特に、標準偏差については減少率が大きい。ケース H2 と H0 を比較すると、一般駐車場利用者の所要時間の平均および標準偏差の減少がより顕著である。交通混雑が深刻な状況においては、多くの駐車場を予約制にすることが非常に効果的であることが確認できる。以上より、予約駐車場を利用した場合には、総駐車需要の大小にかかわらず所要時間の平均および標準偏差が安定し、ドライバーにとって予定がたてやすい状況になるといえる。さらに、PR システム導入時には一般駐車場利用者の所要時間の標準偏差も減少するため、一般駐車場利用者にとっても所要時間が安定する効果があるといえる。

#### 6.6.5 駐車場利用量からみた導入効果

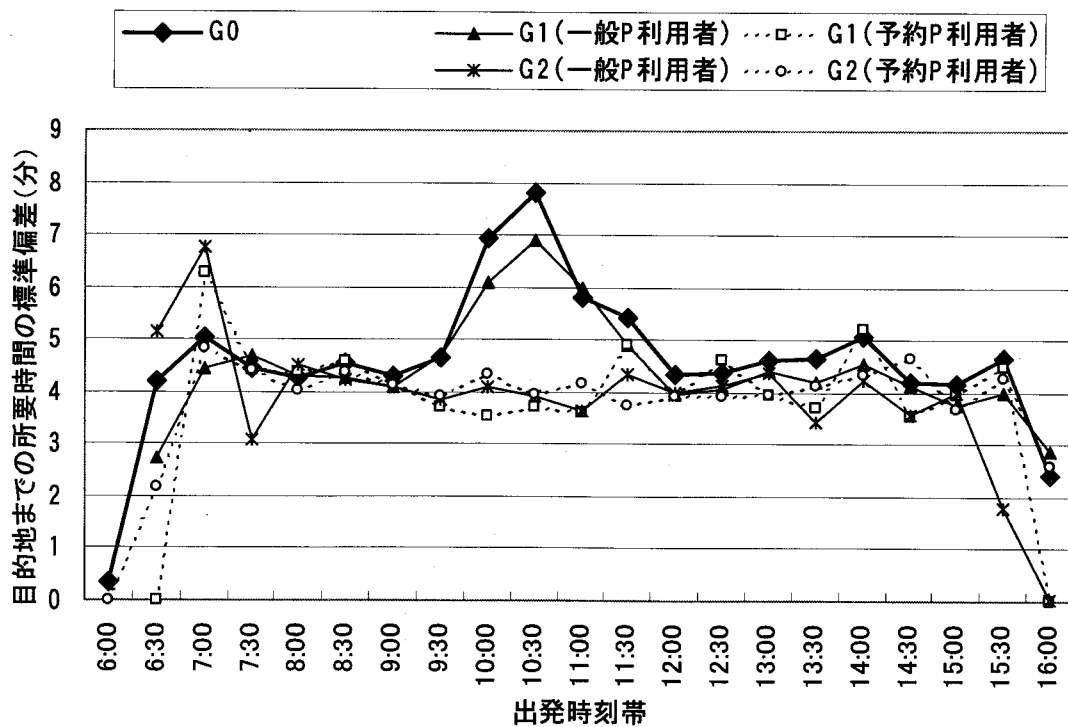
全駐車場の駐車台数の和と、入庫待ち台数の和の時間的な推移により、PR システム導入効果を考察する。シミュレーション計算の最終 10 日間の平均を、総交通需要レベルごとにそれぞれ図 6.6.10(a), (b)に示す。総交通需要が 2,000 台である図 6.6.10(a)をみると、ケース G1 の駐車台数は、PR システムの導入されていないケース G0 と比較して、ピーク時において若干減少しているだけにもかかわらず、入庫待ち台数については最大値で 14 台程度から 10 台程度と大きく減少している。一方、ケース G2 については、予約駐車場を利用しているサンプルの影響でピーク時の駐車台数が減少し、12:30 以降の時間帯において駐車台数の増加がみられる。その結果、ケース G2 においては入庫待ち台数がほとんど発生していない。総交通需要が 3,000 台である図 6.6.10(b)では、H0, H2 については駐車台数が総駐車容量である 500 台に達する時間帯が存在するものの、ケース H2 では 480 台程度までしか上昇せず、その分 15:30 以降の時間帯の駐車台数の増加がみられる。入庫待ち車両数については、H0 では 5 駐車場分 (50 台) 全てが利用されている状況が発生しているが、ケース H1 では総入庫待ちマス数 40 台に対して、36 台程度しか埋まっておらず、さらにケース H2 では最大でも 10 台程度にまで減少している。以上より、PR システム導入時には時間的な駐車需要の分散によって、入庫待ち車両数の減少がみられることが確認できる。

PR システム導入による駐車場利用傾向の相違を把握するために、駐車場ごとの回転率を計算した。計算結果を図 6.6.11(a), (b)に示す。図中棒グラフを点線で囲っているのが予約駐車場である。図より、駐車場を予約制にすることによって、回転率が上昇することがわかる。その一方で、多くの駐車場を予約制にしたケース G2, H2 においては、一般駐車場であ



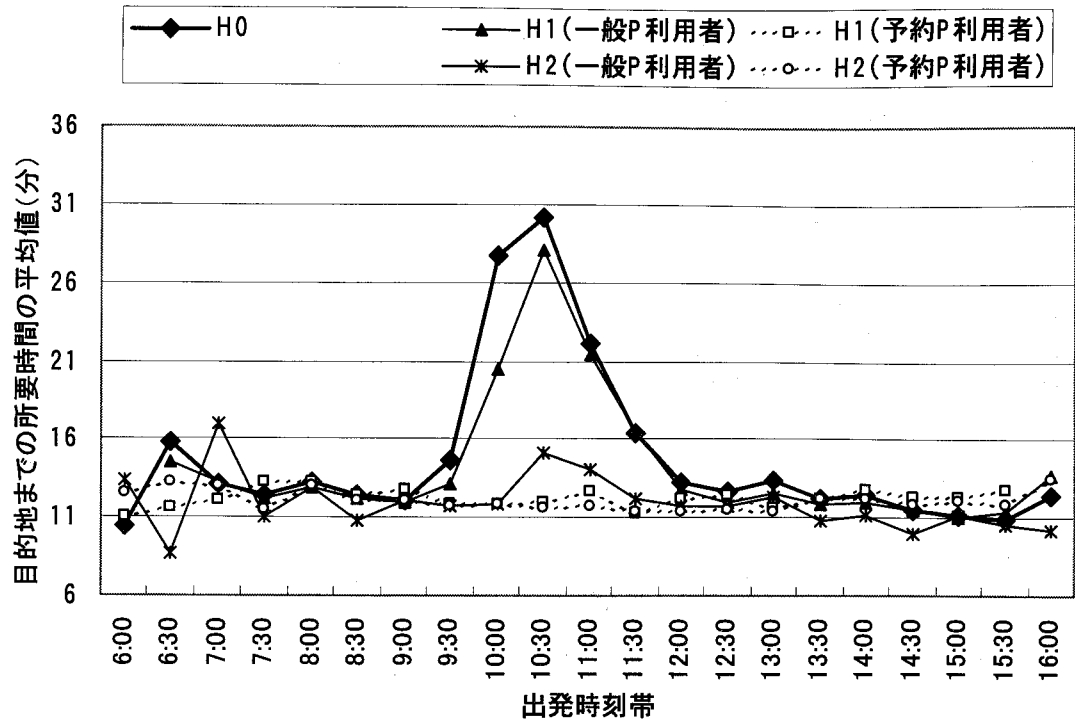


(a) 平均値

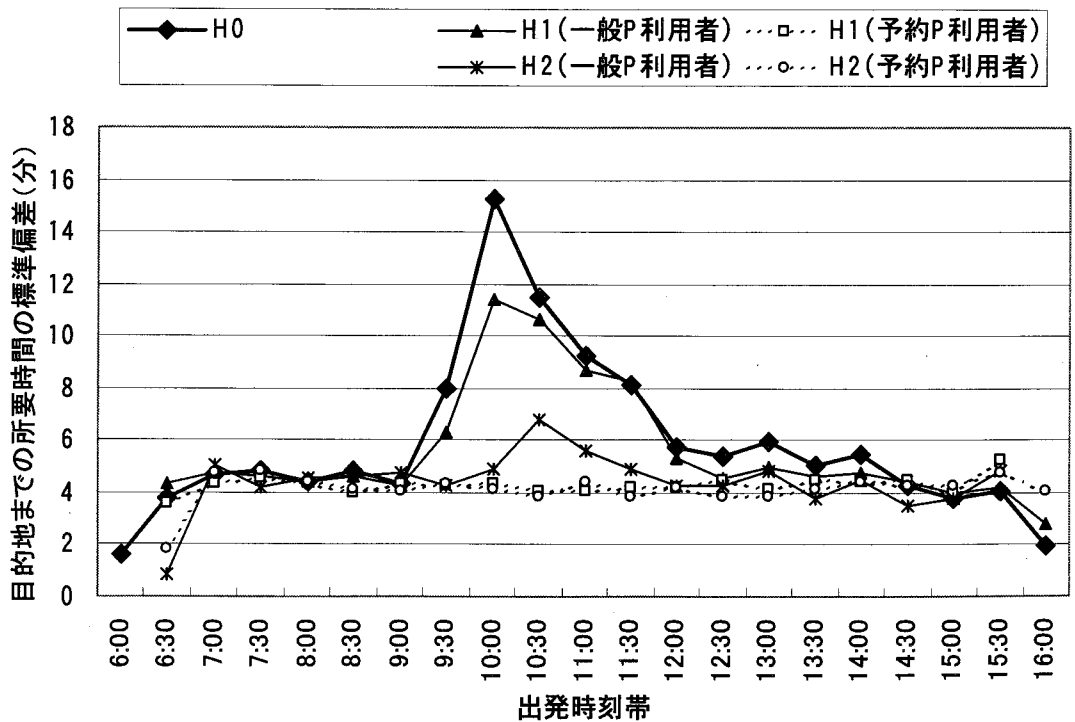


(b) 標準偏差

図 6.6.8 出発時刻帯別の所要時間の平均と分散  
(PR システム導入時, 総交通需要 2,000 台)

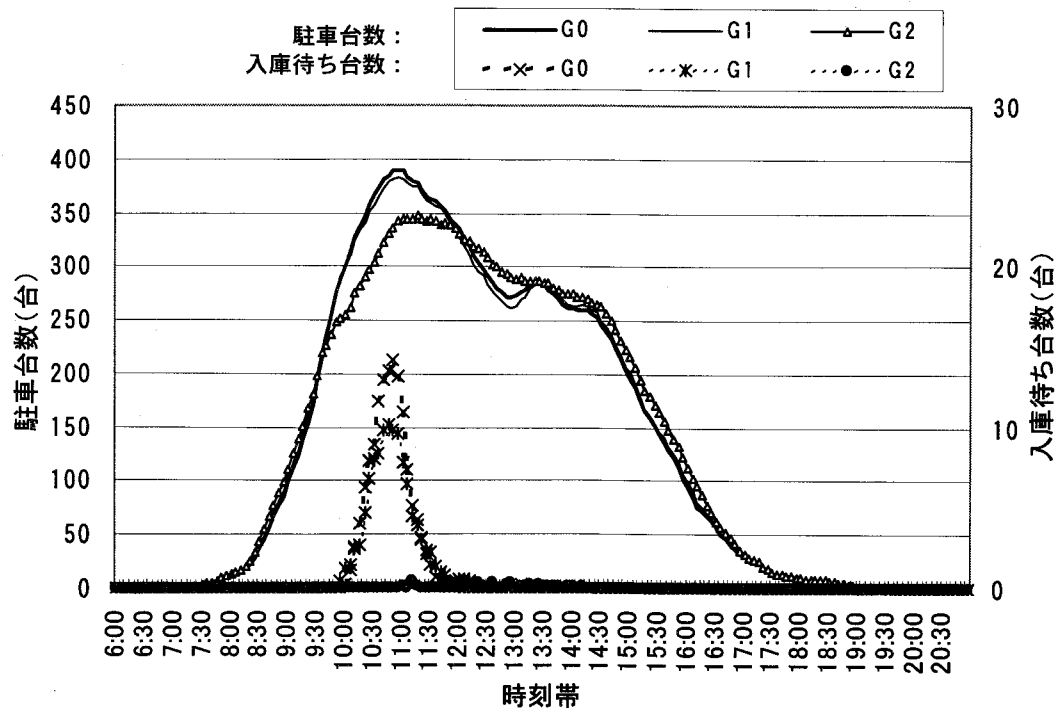


(a) 平均値

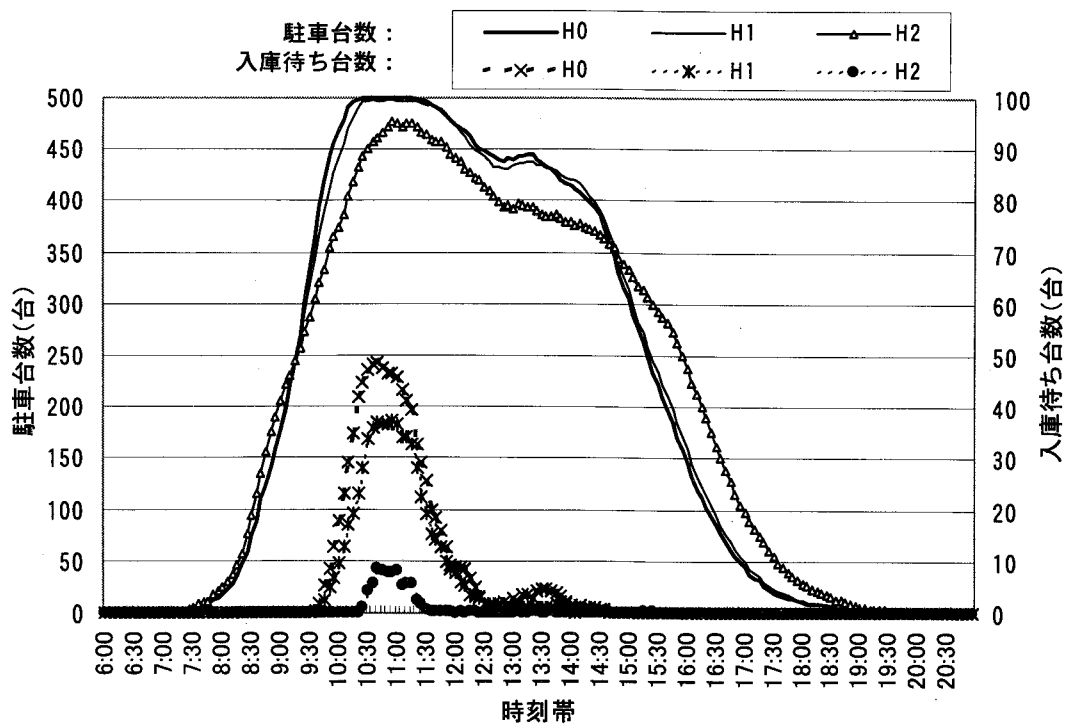


(b) 標準偏差

図 6.6.9 出発時刻帯別の所要時間の平均と分散  
(PR システム導入時, 総交通需要 3,000 台)

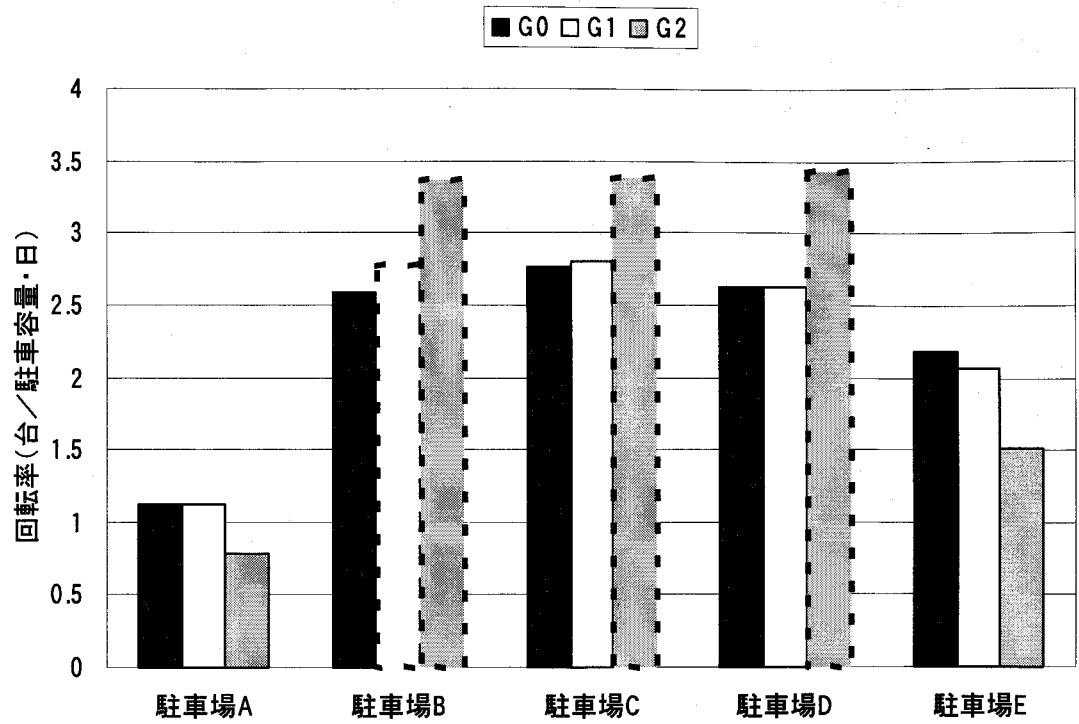


(a) 総交通需要 2000 台

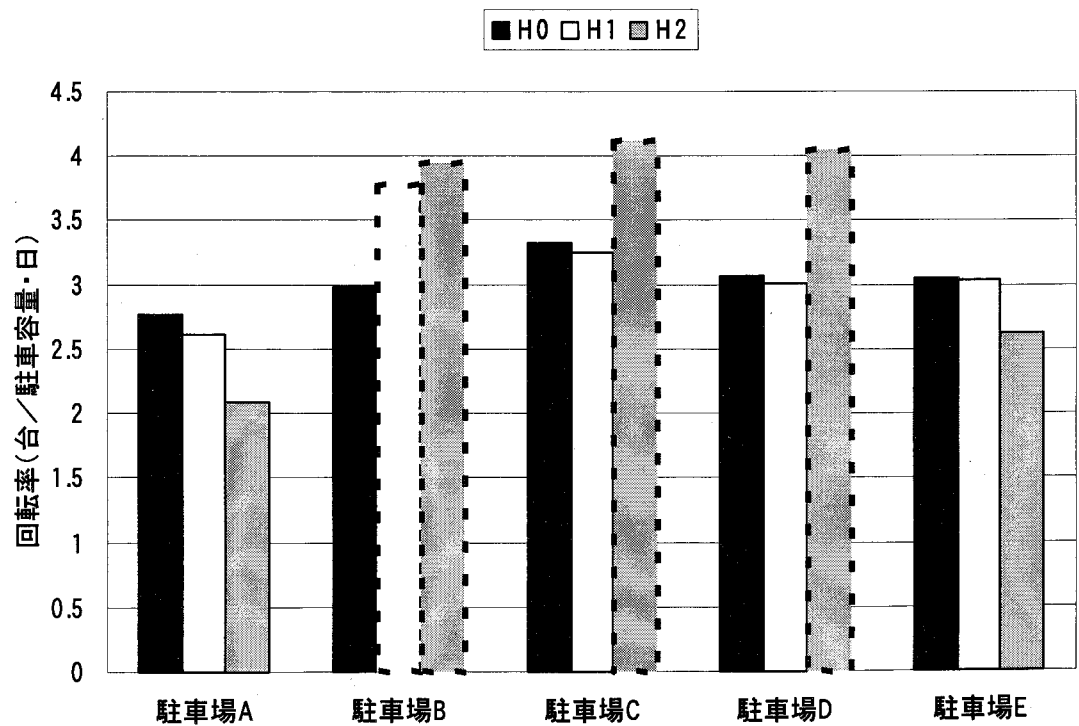


(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.6.10 駐車場の利用状況と入庫待ち台数の推移 (PR システム導入時)



(a) 総交通需要 2000 台



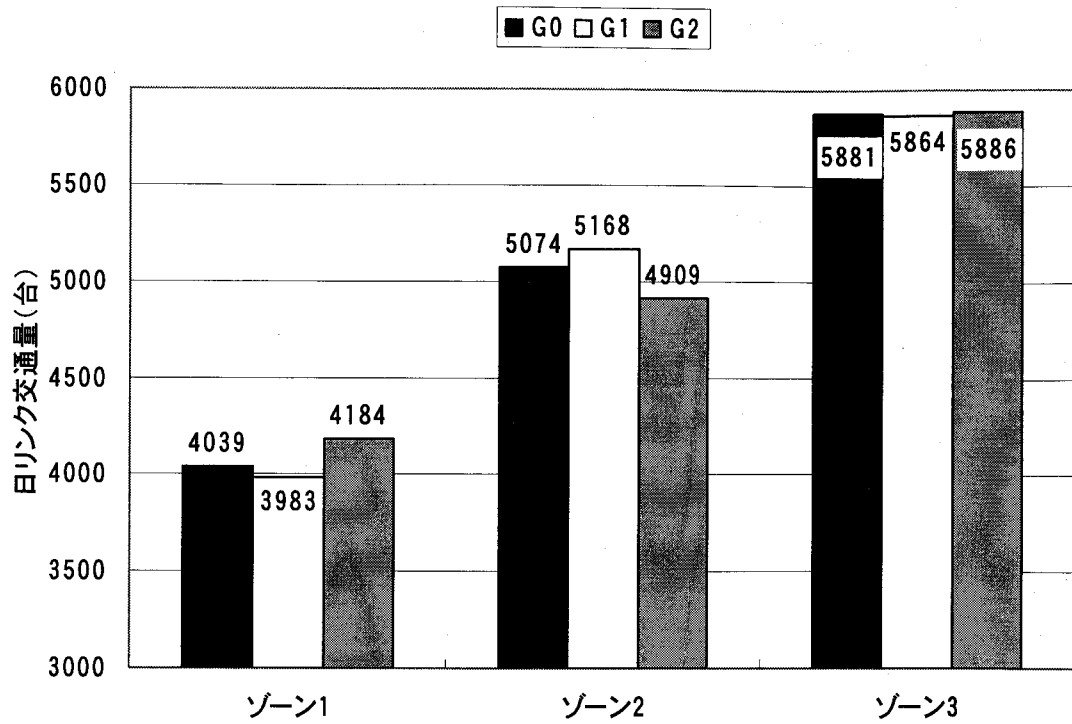
(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.6.11 駐車場回転率 (PR システム導入時)

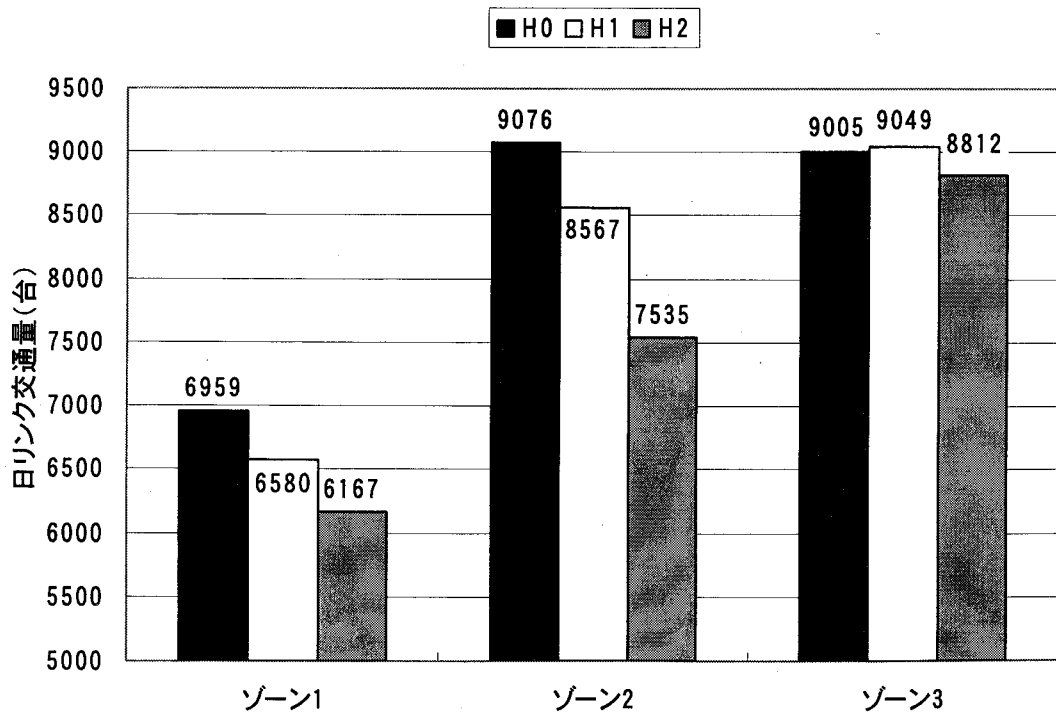
る駐車場 A, E の回転率が減少していることより、逆に一般駐車場に対して不利益が生じることが懸念される。一方、駐車場 B のみを予約制としたケース G1, H1 については、駐車場 B の利用は増加しているものの、他の駐車場の利用傾向はほとんど変化していない。PR システムを導入することによって、駐車場の利用状況をコントロールすることが可能であることが確認されたといえる。

#### 6.6.6 道路交通量からみた効果

PR システム導入時には、一般駐車場と予約駐車場の位置関係によって道路交通状況が大きく変化することが期待される。都心部の駐車場が全て予約制になっている場合、そこに駐車場がないことがわかっているため、都心部に流入する車両が減少する。このように、PR システム導入によって、道路交通状況にも影響を及ぼすことが考えられる。そのため、6.5.5 と同様、3 つのゾーンにおける日交通量より考察を加える。図 6.6.12(a), (b) に、それぞれ交通需要 2,000 台、3,000 台のゾーンごとの日交通量を集計した結果を示す。交通需要が 2,000 台のケースをみると、郊外部のゾーン 3 の交通量はケース間でほとんど同じであることがわかる。一方、都心部のゾーン 1 については、ケース G1 では交通量が減少しているが、G2 では逆に増加している。これは、ケース G2 においては都心部の駐車場全てを予約制としているが、予約可能性確認割合が 50% である場合には、それらの駐車場の利用が増加するため、その分交通量が増加したためといえる。総交通需要が 3,000 台のケースにおいては、PR システム導入によって、ゾーン 1, 2 の交通量が大幅に減少している。特に都心 3 駐車場を予約制としたケース H2 において減少率が高い。多くの駐車場を予約制とすることによって、うろつき交通が減少するためと考えられる。駐車場 B のみを予約制としたケース H1 においても、ゾーン 1, 2 の交通が減少していることより、予約駐車場数が少なくとも道路交通に好影響を及ぼすと考えられる。



(a) 交通需要 2,000 台



(b) 交通需要 3,000 台

図 6.6.12 ゾーン別の日リンク交通量 (PR システム導入時)

## 6.7 PGI システムと PR システムの相互効果

### 6.7.1 設定条件

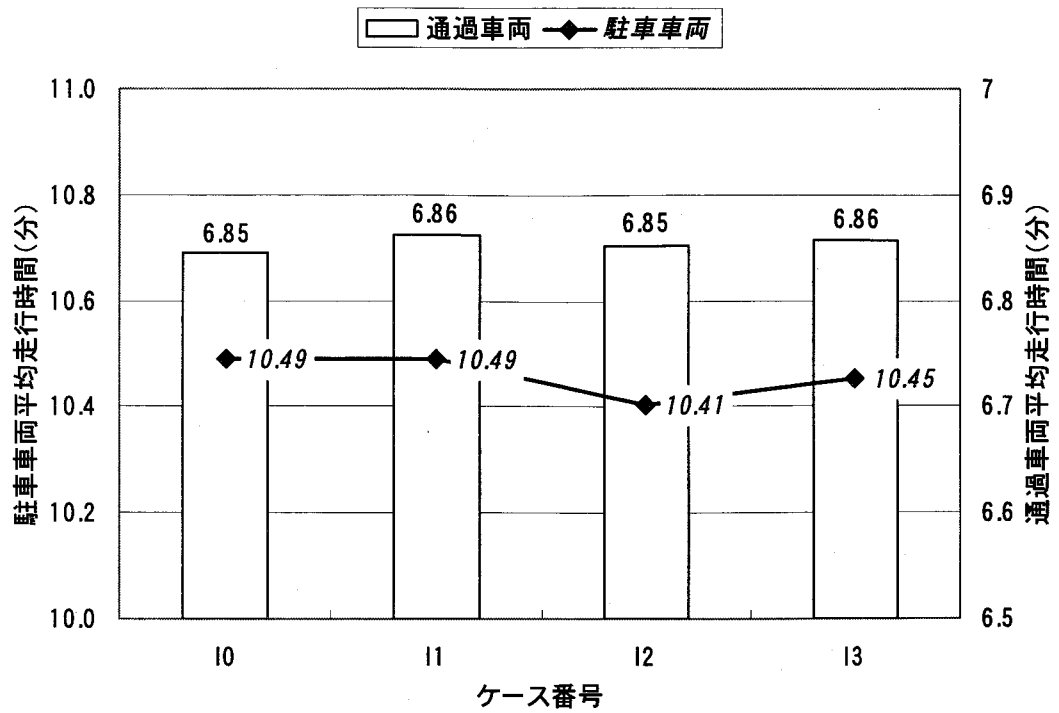
PGI システムと PR システムを同時に導入したケースについて検討を加える。ここまでの検討により、特に駐車需要が駐車容量を超える場合には PR システムが効果的であるとの知見を得ているが、その一方で、一般駐車場の複数ある場合には、混雑時間帯において情報提供を実施することによって、それらの駐車場間での駐車需要の不均衡を改善することが可能であることが期待される。一般駐車場の選択可能性が確保されている場合、PR システムをあわせて導入することによって交通状況が改善されることが期待される。駐車場 B のみを予約した場合を考察ケースとし、PGI システム、PR システムともに導入されていない場合、どちらか一方が導入されている場合、双方ともに導入されている場合の 4 ケースについて、総交通需要 2,000 台、3,000 台ごとに考察を加える。ケース設定を表 6.7.1 にまとめておく。その他の設定条件については、6.3、6.5、6.6 の基本ケースと同様としている。

表 6.7.1 ケース設定（相互効果検証）

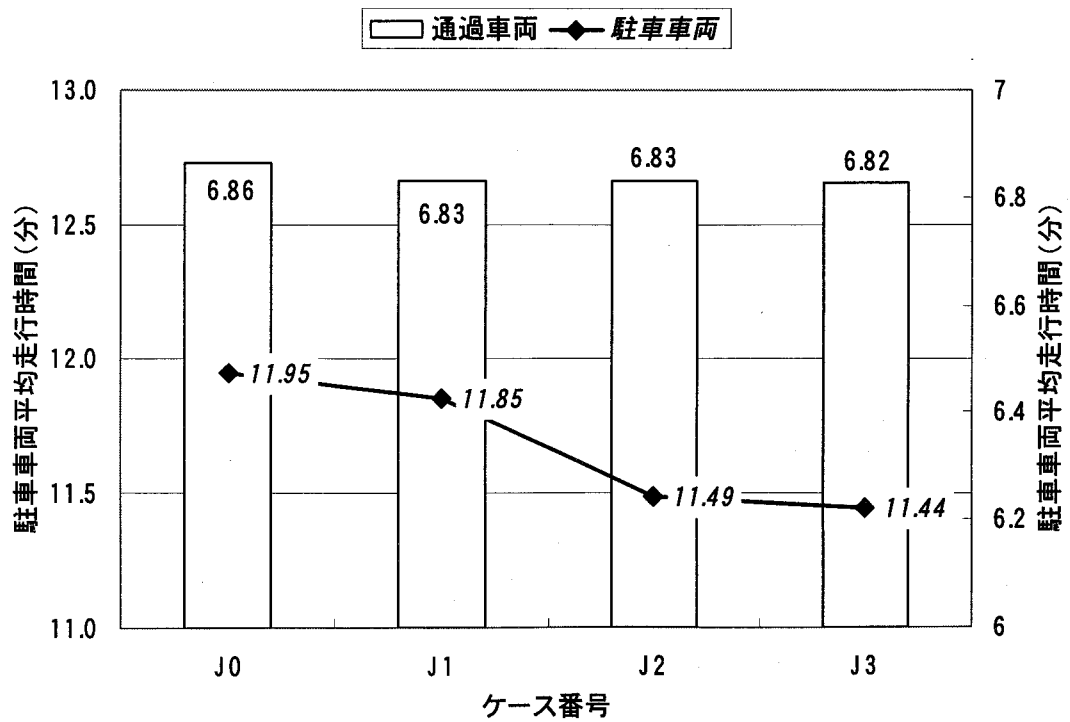
	PR システムなし	PR システムあり (駐車場 B を予約駐車場、 予約可能性確認割合 0.5)
PGI システムなし	ケース I0 (総交通需要 2,000 台) ケース J0 (総交通需要 3,000 台)	ケース I2 (総交通需要 2,000 台) ケース J2 (総交通需要 3,000 台)
PGI システムあり (待ち時間情報 情報利用率 0.25)	ケース I1 (総交通需要 2,000 台) ケース J1 (総交通需要 3,000 台)	ケース I3 (総交通需要 2,000 台) ケース J3 (総交通需要 3,000 台)

### 6.7.2 平均走行時間の推移

図 6.7.1(a), (b) にそれぞれ総交通需要 2,000 台、3,000 台のケースにおける平均走行時間の計算結果を示す。総交通需要が 2,000 台のケースの駐車車両に関する平均走行時間をみると、PR システムのみ導入しているケースで最小となっており、ケース I3 では平均走行時間の短縮効果はみられなかった。また、通過車両については全てのケースにおいて大きな相違はない。一方、総交通需要が 3,000 台の場合には、PGI システム、PR システム双方を導入したケースが最小となっている。PGI システム、PR システムを導入していないケース J0 と比較して、若干ではあるが通過車両の走行時間にも短縮効果がみられる。



(a) 総交通需要 2,000 台



(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.7.1 平均走行時間の推移 (相互効果検討)



### 6.7.3 目的地までの所要時間

図6.7.2に、駐車場利用者の目的地までの所要時間の平均値の計算結果を示す。総交通需要が2,000台、3,000台のどちらのケースにおいても、目的地までの所要時間が最小となっているのがPGIシステム、PRシステムともに導入したケースI3、J3であり、両システムの相互効果として、駐車場利用者の所要時間の短縮が見込まれることがわかる。PRシステムのみ導入したケースI2、J2と比較すると、総交通需要2,000台のケースで0.4分、3,000台のケースで0.3分の短縮であることより、PGIシステムより、PRシステムの導入が効果的であるといえる。

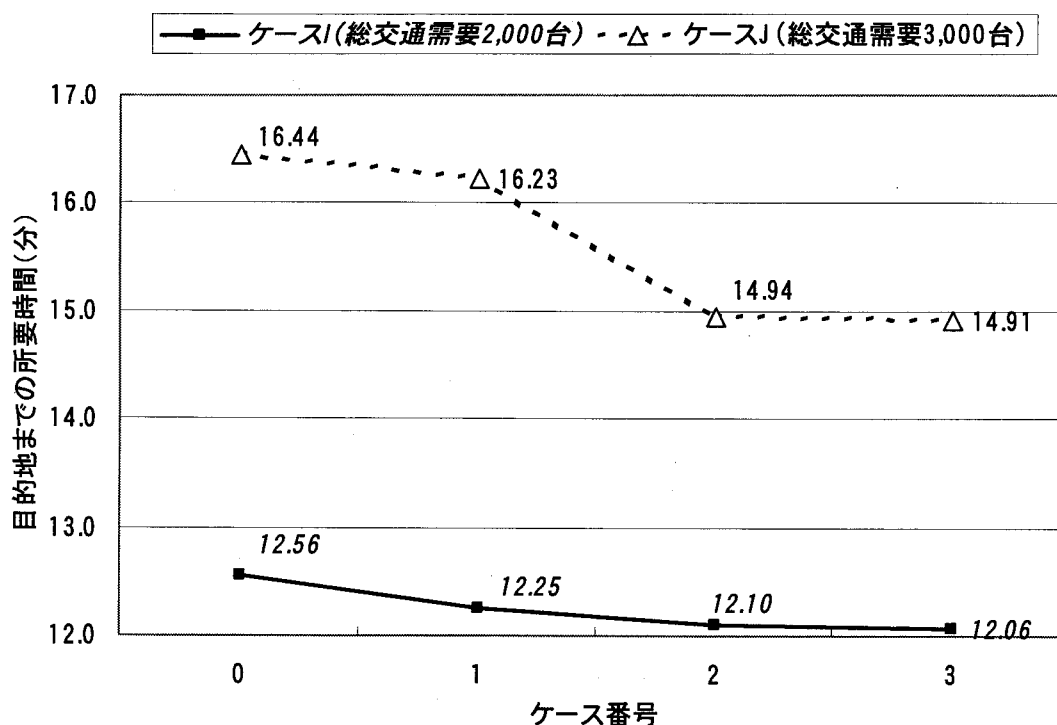


図 6.7.2 駐車場利用者の目的地までの所要時間（相互効果検証）

次に、各ケースについて、駐車場利用者の目的地までの所要時間の内訳について考察する。駐車場利用者を、1)一般駐車場利用者であり、かつ情報を利用するもの、2)一般駐車場利用者であり、情報を利用しないもの、3)予約駐車場を利用したもの、の3つに分類してそれぞれについて、駐車場までの所要時間の内訳を考察する。

図6.7.3に、総交通需要が2,000台のケースの計算結果を示す。利用者分類ごとの所要時間を比較すると、ケースI3の一般駐車場利用者（情報非利用層）は、ケースI0やケースI1のそれと比較して所要時間が短い。PGIシステムとPRシステムを同時に導入することによって、情報を使わず、なおかつ予約駐車場を利用しないドライバーにとっても所要時間の短縮が実現されるといえる。I0とI3の一般駐車場利用者（情報非利用層）を比較すると、

およそ4%の所要時間減少が見込まれる。一般駐車場利用者（情報利用層）についても、ケース I1 と比較してケース I3 の方が短く、PGI システム、PR システムを同時に導入することによって、情報提供の効果も大きくなる。その一方で、予約駐車場利用者については、I2 と比較して I3 の方が所要時間が長くなっている。所要時間の内訳より、その主たる原因は走行時間の増加にある。ケース I3 の3つの分類の駐車場利用者を比較すると、目的地までの所要時間は等時間に近づいている。

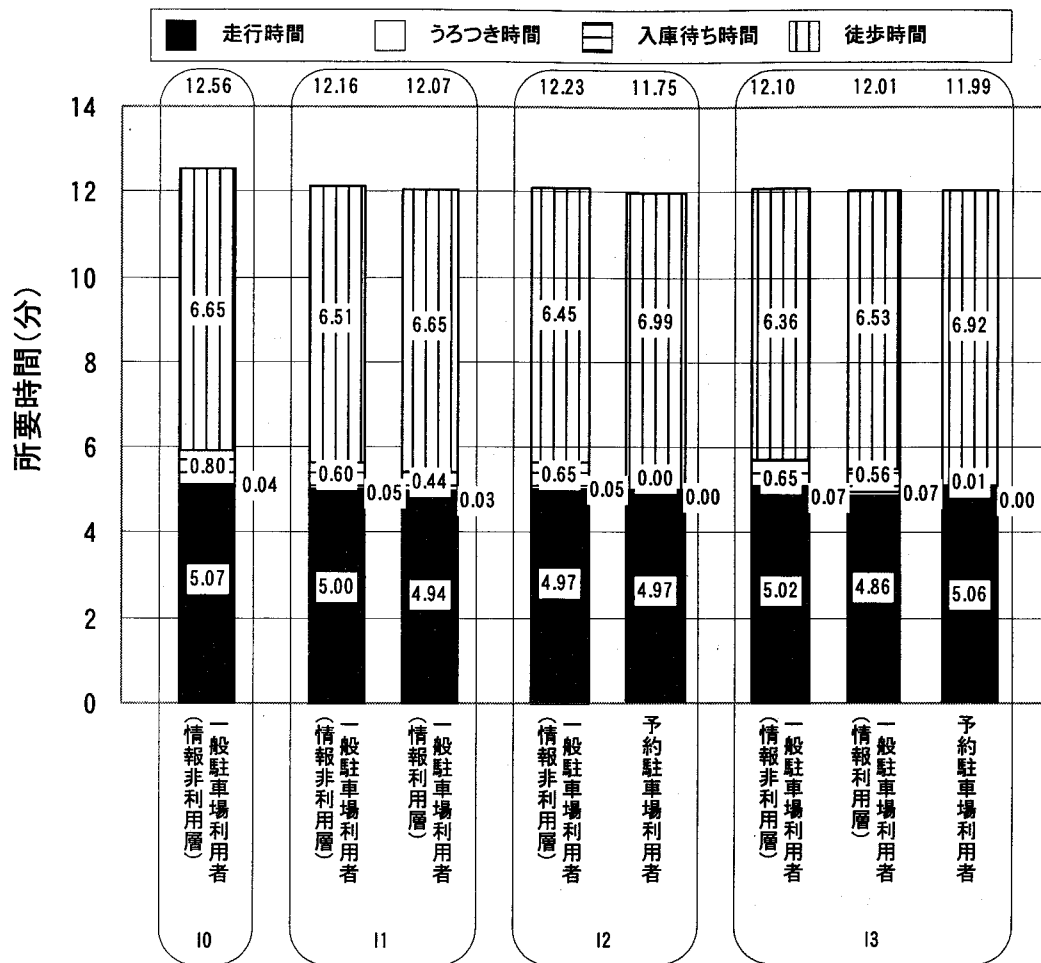


図 6.7.3 目的地までの所要時間の内訳 (相互効果検証, 総交通需要 2,000 台)

総交通需要が 3,000 台の場合の目的地までの所要時間の内訳を図6.7.4に示す。総交通需要が 2,000 台のケースと同様、ケース J3 の一般駐車場利用者 (情報非利用層) は、ケース J0, J1, J2 と比較して所要時間の合計は短く、PGI, PR システムを同時に導入することによって、直接的に恩恵を受けない駐車場利用者にも所要時間短縮効果があることがわかる。ケース J1 の情報利用層と比較して、ケース J3 の情報利用層の所要時間も短い。総交通需要 2,000 台のケースと比較すると、予約駐車場利用者の所要時間が他と比較して短い、これは予約駐車場を一カ所としたケース設定のためである。以上のように、PGI システムと PR

システムを同時に導入することによって、駐車場利用者の所要時間短縮効果がより高まるといえる。

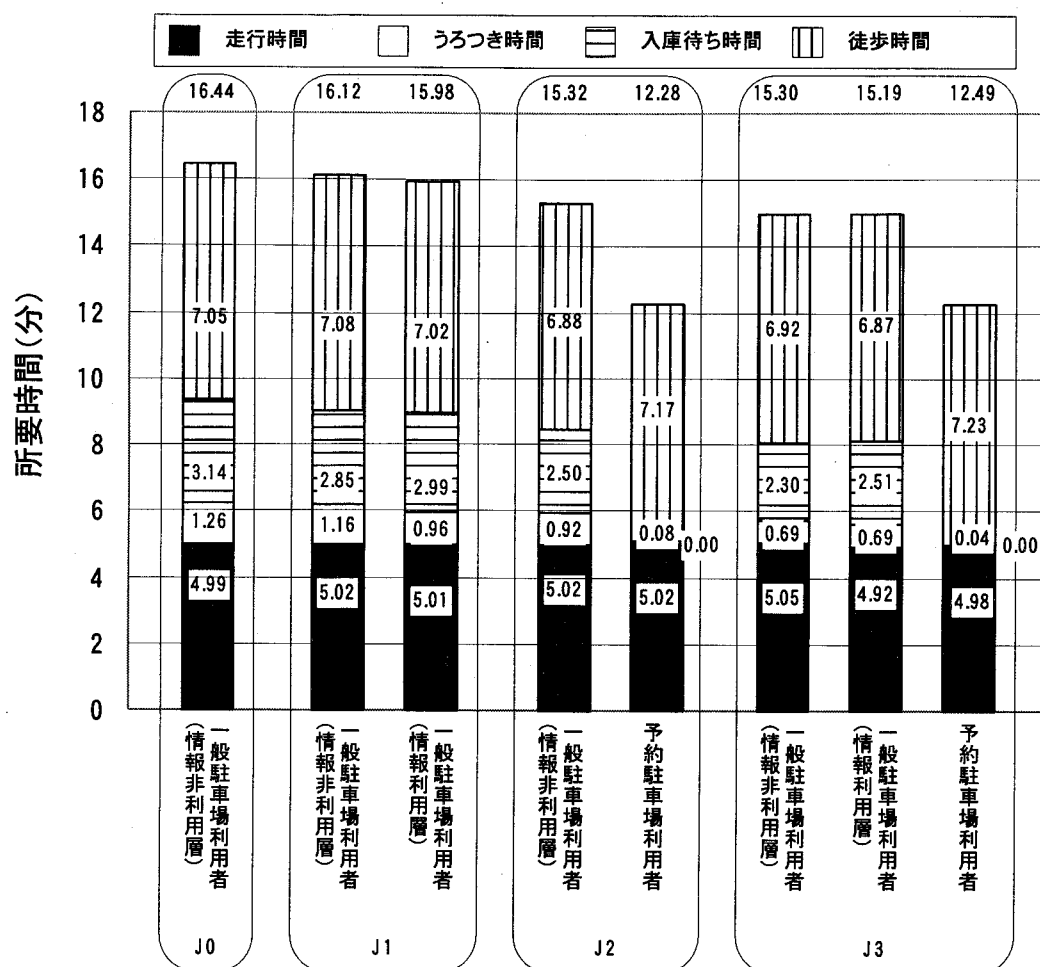


図 6.7.4 目的地までの所要時間の内訳 (相互効果検証, 総交通需要 3,000 台)

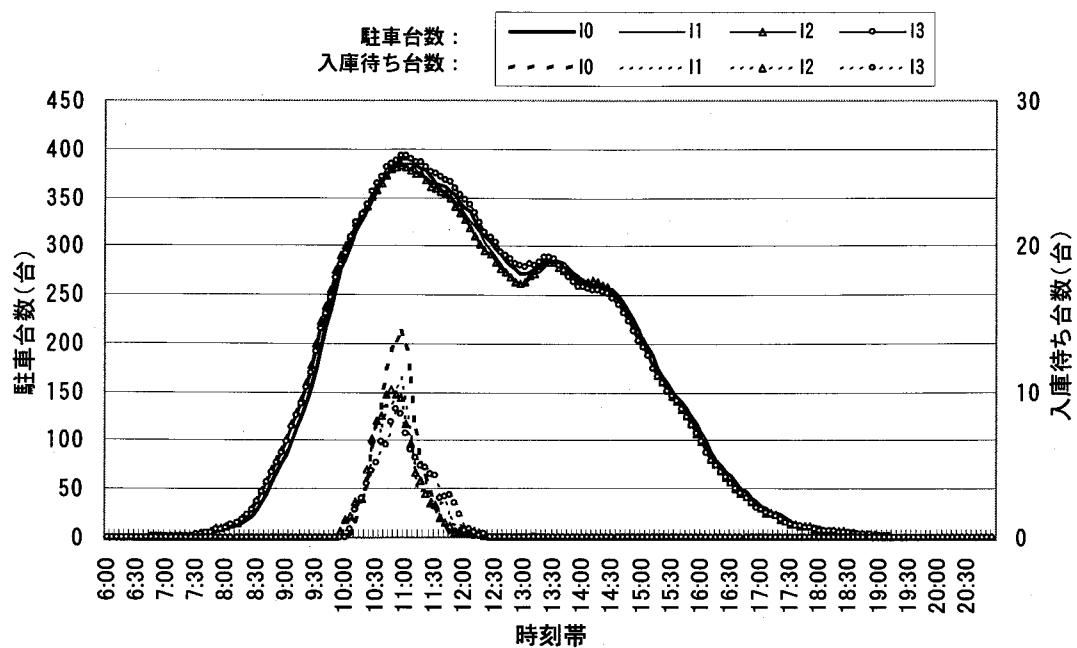
#### 6.7.4 駐車場利用量からみた相互効果

図6.7.5(a), (b)に、総交通需要がそれぞれ 2,000 台, 3,000 台の場合の、全駐車場の駐車台数の総和と入庫待ち台数の総和の時間的推移を示す。総交通需要 2,000 台のケースについてみると、駐車台数については全てのケースにおいてそれほど大きな違いはない。入庫待ち台数についてみると、全時間帯にわたる待ち台数の最大値はケース I3 が最小となっているものの、入庫待ち車両が消滅するのも遅くなっている。前項の結果より、入庫待ち時間は減少していることが見込まれるため、全体としての入庫待ち台数は減少しているといえる。総交通需要が 3,000 台のケースにおいては、ケース J3 の駐車台数は特に全ての駐車場が満車となる時間帯直後からの 2 時間程度、最も駐車台数が少なくなっている。その一方で、15:00 以降の存在台数が全てのケースの中で最大である。入庫待ち行列については、ケース J3、ケース J2 ではほぼ同じであり、また待ち車両の発生開始時間帯もほぼ同程度であるも

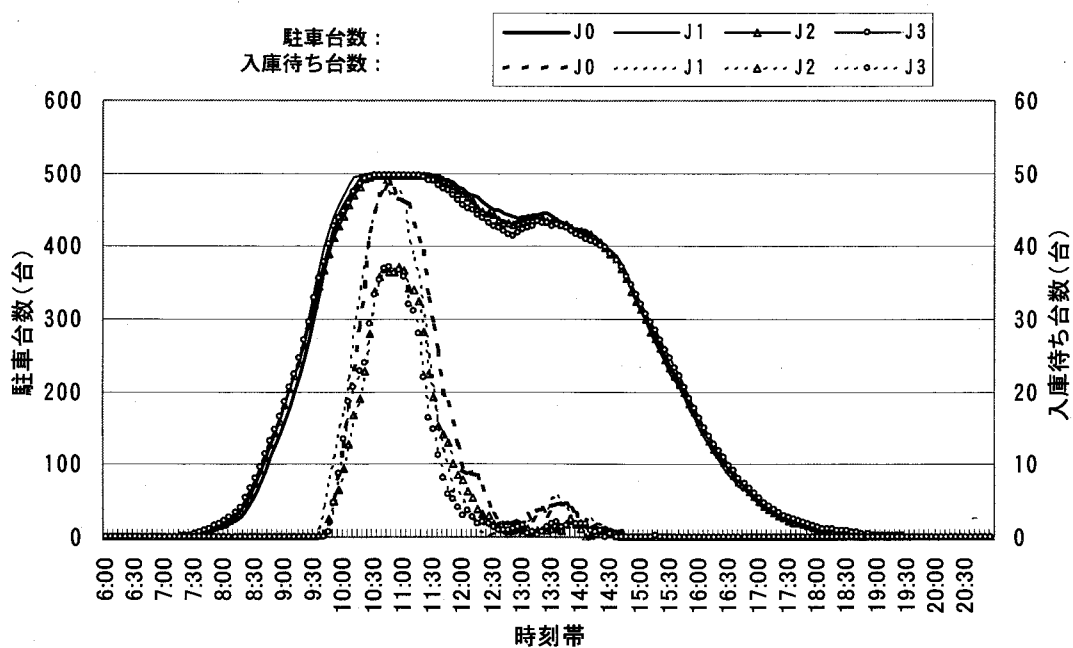
の、待ち車両の解消が他ケースと比較して早く、駐車場混雑の緩和にも役立っていると考えられる。

#### 6.7.5 道路交通量からみた相互効果

図6.7.6(a), (b)にゾーンごとの日リンク交通量の集計結果を示す。総交通需要が 2,000 台のケースについてみると、ゾーン 1 ではケース I1 の PGI システムのみ導入しているケースが最小となっていた。ケース I3 については、全てのケースの中で最もゾーン 1 の交通量が多い、という結果となっている。ゾーン 2 についてみると、ケース I3 のリンク交通量が最小である。このように、総交通需要が 2,000 台であり、都心のひとつの駐車場のみを予約駐車場として設定したケースにおいては、PGI, PR システムの相乗効果により道路交通量が減少するとはいえない。一方、総交通需要が 3,000 台の場合をみると、全てのゾーンにおいて総交通量が減少している。また、全てのゾーンにおいて、他ケースと比較して交通量が最も小さい。以上より、交通混雑の激しい都市においては、PGI システム, PR システムの導入によって、総交通量の削減が見込まれることといえる。なお、PGI システムと PR システムを単独で導入したケース J1, J2 を比較すると、交通量の削減により効果的なのは、PR システムといえる。

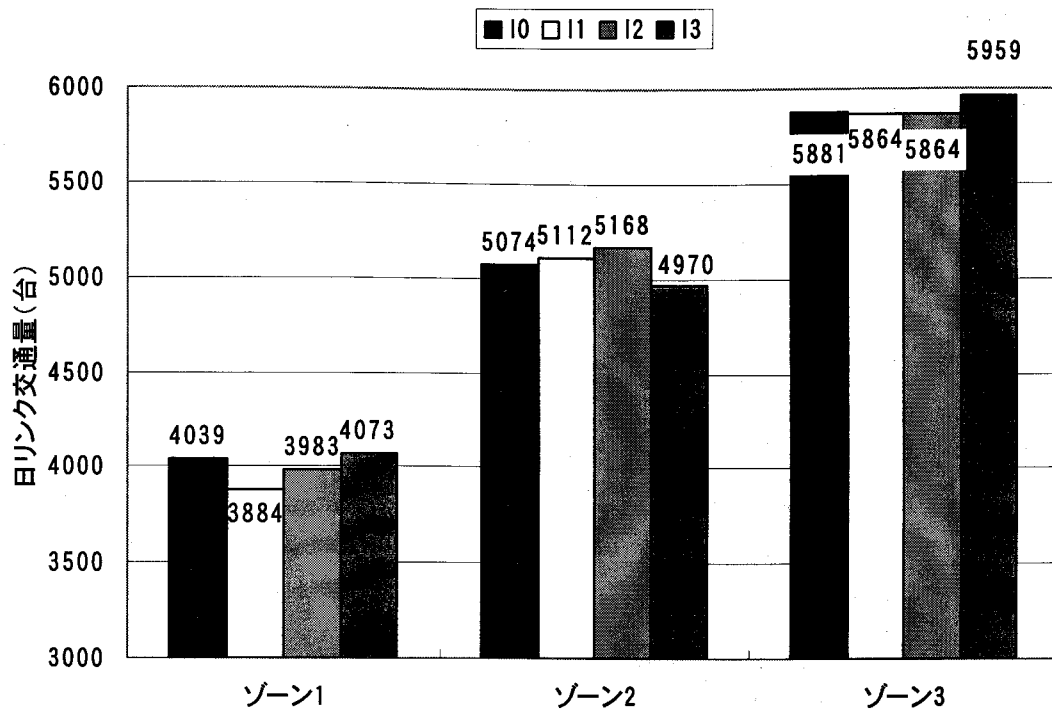


(a) 総交通需要 2,000 台

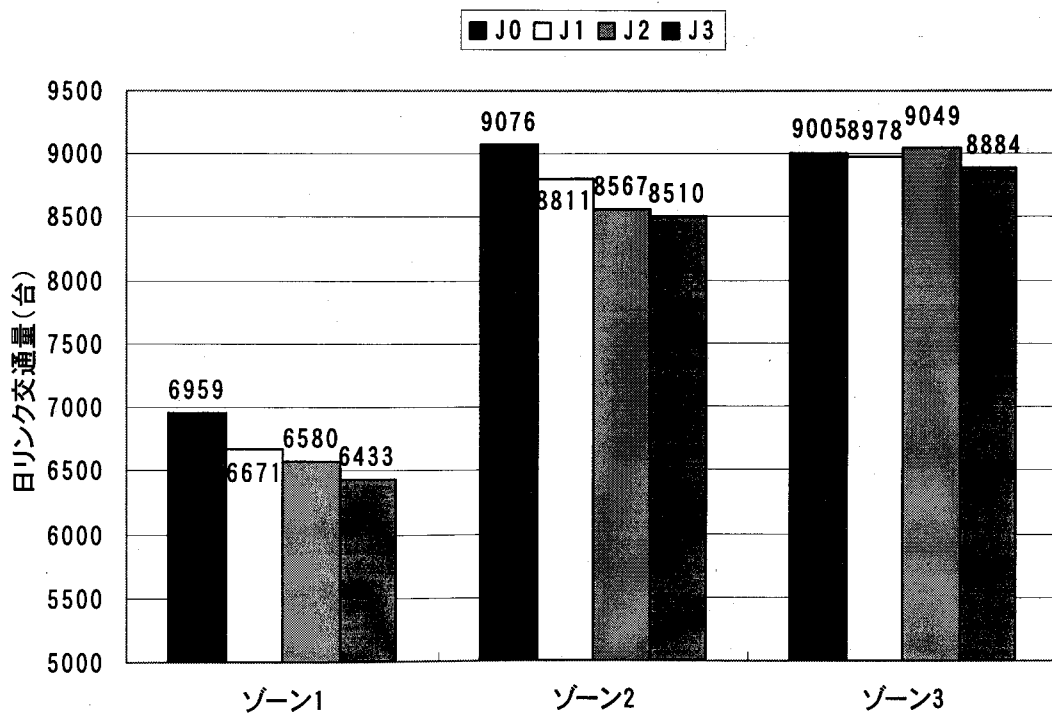


(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.7.5 駐車場利用台数と入庫待ち台数の推移（相互効果検討）



(a) 総交通需要 2,000 台



(b) 総交通需要 3,000 台

図 6.7.6 駐車場利用台数と入庫待ち台数の推移 (相互効果検討)

## 6.8 結言

本章においては、PGI システム、PR システムの導入効果について、前章までの知見に基づいた意思決定サブモデルを内包する交通流シミュレーションモデルを構築し、様々な条件下でのケーススタディを実施した。本節では、シミュレーション分析を通じて得られた主たる知見と、課題について述べる。

まず、6.5 においては、PGI システムの導入効果を検証した。その結果、以下の知見が得られた。

- ① 情報提供によっては、日単位でみた平均所要時間が減少するわけではない。すなわち、情報提供による都市内道路状況の改善効果はそれほど大きくない。しかしながら、情報利用率が効果的に機能していないような場合においては、かえって都市内道路状況が悪化する可能性もある。
- ② 情報利用率があまり高くなければ、情報提供によって駐車需要の空間的な分散が期待され、都市内の駐車場利用状況の平滑化、道路交通状況の改善が期待される。情報提供が効果的に機能するのは少なくともひとつの駐車場に空きがあるケースであり、そのような時間帯に特定すれば、駐車場利用者は最大 10%程度の所要時間短縮が可能である。加えて、所要時間の標準偏差も減少しており、情報提供によって時間通りに目的地に到着することが可能な確率が上昇するといえる。
- ③ 情報利用率が高くなれば情報提供効果が逡減するのみならず、情報提供を実施していない場合よりも交通状況が悪化する可能性がある。情報を参照して駐車場選択を行うドライバーの増加により、情報提供において空いているとされる駐車場に需要が集中してしまうためと考えられる。そのため、情報利用率が情報提供効果を決定づける大きな要因となる。なお、本章での分析においては、SP 実験により得られたパラメータを意思決定モデルに適用しているため、情報に対する反応が過敏であることがこのような結果が得られた要因である可能性もある。また、4.5 で分析を行った、情報信頼度の更新を考慮していないことが要因である可能性も考えられよう。
- ④ 情報提供の内容が高度化されることによって、駐車場利用者の所要時間短縮効果が高まるとともに、情報利用率が増加しても全体の所要時間の増加が小さく抑えられる。
- ⑤ 駐車需要が駐車場容量を超えるような状況下においては、もはや情報提供を実施したとしても交通状況の改善は期待できない。このような状況下では、時間的に駐車需要を分散する必要性がある。

続いて、6.6 においては、PR システムの導入効果を検証した。その結果を以下にまとめる。

- ① PR システムの導入効果は予約駐車場の位置に大きく左右される。都心部の駐車場利用が集中する駐車場を予約駐車場に設定することによって、道路交通状況を改善できる。

一方、郊外部のあまり利用されていない駐車場を予約制に設定した場合においては、かえって道路交通状況が悪化する可能性もある。逆に、予約駐車場の位置を戦略的に設定することによって、都市内道路交通状況を誘導できる。特に、都心部の駐車場全ての予約制にすることによって、都心部への交通の流入を抑制する効果が期待できる。

- ② PR システム導入時において、予約可能性確認割合が増加すればその分駐車需要の時間的平滑が期待される。予約駐車場が全体の駐車場に対して少ない場合でも効果が期待できる。そのため、まずは都心部の混雑している駐車場から順次予約制を導入していき、予約駐車場に関する認知を高めつつ PR システムを導入していくことが望ましい。
- ③ 予約駐車場利用者については、入庫待ち時間およびうろつき時間がゼロになることが保証されるため、目的地までの所要時間はたとえ駐車需要が都市内駐車容量を大幅に超える状況であっても安定する。すなわち、到着時刻制約があるドライバーにとって、予約駐車場を利用することは、定時性の確保に大きな効果を与える。

6.7においては、PGI システム、PR システムを同時に導入したケースについて検討を加えた。その結果、以下の知見を得た。

- ① 予約駐車場が少なく、一般駐車場において選択性が確保されるような状況では、まず PR システムによって総駐車需要の時間的平滑化が実現され、さらに PGI システムによって、時間帯ごとの駐車需要の空間的平滑化が実現される。PGI システムと PR システムを同時に導入することにより、より大きな効果が見込まれる。
- ② PGI システム、PR システムの導入効果は、特に駐車需要が総駐車容量を大幅に超えているような状況において特に効果的である。

最後に、本章で実施したシミュレーション分析において残された課題と今後の展望についてとりまとめておく。

- ① PGI システムの導入効果について、ここでは情報に対する信頼度の変化を意思決定モデルに反映していない。そのため、情報提供位置の検討や情報の閾値の検討などといった、情報提供戦略に関するケーススタディを実施していない。これらの検討を実施、より効果的な情報提供の方法について検討を加える必要がある。
- ② 本章で構築した交通流シミュレーションモデルにおいては路上駐車を考慮していない。特に都心部全ての駐車場を予約制にした状況などでは、目的地から遠い駐車場を選択するよりも、違法路上駐車を選擇するドライバーも少なからず存在することが考えられる。そのため、違法路上駐車についての意思決定行動を明らかにし、その影響も考慮した上での導入効果検討を実施する必要がある。



【第6章の参考文献】

- 朝倉康夫, 柏谷増男, 坂本志郎 (1995) “ネットワーク上での駐車場選択シミュレーションモデル ～情報提供効果の計測を目的として～”, 土木学会土木計画学研究・論文集, No. 12, pp. 621-631
- Asakura, Y. (1996) “A Parking Simulation Model for Evaluating Availability Information Service”, *In. Advanced Methods in Transportation Analysis, Bianco, L. and Toth, P. Eds.*, Springer, pp. 457-479
- 朝倉康夫 (2000) “駐車場案内・誘導システムの評価に関する研究”, 科学研究費補助金(基盤研究(B)(1), 展開研究, 課題番号: 10555183, 研究代表者: 高山純一) 研究成果報告書, 第11章, pp. 161-183
- Bernauer, E., Breheret, L., Algers, S., Boero, M., Taranto, C. D., Dougherty, M., Fox, K. and Gabard, J., F. (1999) “SMARTTEST – Review of Micro-Simulation Models”, Institute for Transport Studies, University of Leeds
- Hall, M. D., Van Vliet, D. and Willumsen, L. G. (1991) “SATURN – a simulation-assignment model for the evaluation of traffic management schemes”, *Traffic Engineering and Control*, Vol. 21, pp. 168-176
- 飯田恭敬, 藤井聡, 内田敬 (1996) : “動的交通流シミュレーションを用いた道路網における情報提供効果に関する分析”, 交通工学, No. 31, Vol. 6, pp. 19-29
- Kagesawa, M. and Takaba, S. (1994) “Simulation of Road Traffic Management System with Dynamic Information”, *1994 Vehicle Navigation & Information Systems Conference Proceedings*, pp. 223-228, 1994
- Minderhoud, M. and Bovy, P. (1995) “A Dynamic Parking Management System for City Centres”, *Proceedings of the 2nd Erasmus-network Conference on Transportation and Traffic Engineering*, pp. 183-194
- 杉野勝敏, 朝倉康夫, 柏谷増男 (1998) “PGI システムの実態調査に基づくシミュレーションモデルの改良”, 土木学会土木計画学研究発表会・講演集, No 21(1), pp. 559-562
- Wylie, B., Cameron, G., White, M., Smith, M. and McArthur, D. (1993) “PARMICS: Parallel Microscopic Traffic Simulator”, *proceedings of 2nd European Connection Machine Users Meeting*, Paris, France, 1993

## 第7章 結論

### 7.1 本研究の成果

本研究は、都市内交通問題の一要因として考えられる駐車問題に対する ITS 技術を活用した緩和策として、駐車場案内 (PGI) システムと駐車場予約 (PR) システムを考え、これら 2 つの情報通信技術を活用した施策による駐車場管理システムの高度化によって、都市内交通状況がどれほど改善されるか、について検討を加えることを目的としたものである。情報提供などの利用者に強制力を持たない交通管理施策においては、ドライバーの対応行動が重要な計画パラメータであることを示した上で、PGI システム、PR システム導入下の交通行動分析を実施するとともに、それら行動分析結果に基づく交通状況を再現可能な動的交通流シミュレーションモデルの構築を実施し、シミュレーション計算結果より考察を加えた。以下に、各章で得られた主たる知見についてとりまとめる。

第 2 章においては、PGI システムと PR システムの導入にあたって期待される効果と導入の際の問題を整理するとともに両システムの関連性について考察し、サービス供給側（駐車場管理者）とサービス享受側（駐車場利用者）の情報共有が、双方にとって効果が大きいことを明らかにした。また、両システムに関する評価事例、研究事例について文献レビューを行った。これより、PGI システムについては導入都市も多く、研究蓄積も多くあるものの、駐車場の利用状況といったマクロ指標からの評価と、駐車場利用者の定性的評価がほとんどであることが明らかとなった。すなわち、利用者の評価と、利用者行動の集計結果であるマクロ的な交通状況の因果関係を詳細に分析している事例は少ないといえる。また、駐車場選択行動に対する駐車情報の影響については、仮想的な状況における質問である SP 調査手法を用いたものが多く存在し、それらの研究成果より、駐車情報に関する即時的效果についてはある程度研究蓄積があるものの、情報提供の時間遅れ効果については研究蓄積が少ないことなどが明らかとなった。以上の研究現況を踏まえ、本研究においては PGI システム導入効果について、情報の即時的效果、時間遅れ効果を実証的に検証すること、情報の質と行動変容の関連性について分析すること、などを研究課題としてあげた。また、PR システムについては、ドライバーの対応行動を観測した事例が存在しないため、選好意識調査手法により行動調査を実施することとした。

第 3 章においては、PGI システム導入を予定していた大阪府茨木市を研究対象として、PGI システム導入前後を通じてパネル調査形式によるアンケート調査を実施し、駐車場情報提供効果の分析を試みた。継続的な交通データの収集が可能なパネル調査手法を採用し、ドライバーの行動に関する経時的な変化について分析するとともに、情報提供下の駐車場選択モデルを、実証データを用いて構築を試みた。以下に得られた主たる知見を示す。

- ① 駐車情報を利用しない理由として、茨木市周辺の駐車場について知識がある、という

回答が多かったことより、駐車場に対する知識の豊富さが情報を参照する、しないに及ぼす影響が大きいことが考えられる。

- ② 現在の満空情報以外に望む情報についての回答より、駐車場が満車であったときの待ち時間情報のニーズが高い。また、現在 PGI システムによる情報提供の際に用いられている都心部への流入地点における情報提供に加えて、出発地での情報提供に関してもニーズが高い。
- ③ PGI システム導入によって、決まった駐車場しか利用しないドライバーが減少し、なおかつ同一目的・同一目的地であった際に利用する可能性がある駐車場が増加するなど、駐車場の選択性が高まっている。
- ④ 出発地における利用予定駐車場の選択をロジットモデルを用いて推定した結果、平日における駐車行動については PGI システムによる情報提供開始前後で有意な差が見られたものの、休日における駐車場選択についてはモデル間で有意な差は得られなかった。出発地における利用予定駐車場の選択に際する情報の影響は小さく、どちらかといえば、選択性の向上が主たる効果であると考えられる。
- ⑤ PGI システム導入後の調査データを利用して、案内情報板から情報を取得した後の駐車場の再選択について、ロジットモデルを用いてモデル化を行った。その結果、モデルの説明力は高いものの、提供されている満空情報に関するパラメータ推定値は非有意となり、案内情報が駐車場選択に大きな影響を及ぼしていないという結果となった。このような結果が生じた理由として、調査日における茨木市の駐車環境が良かったことが考えられ、有効なデータ収集のための検討を行う必要があることが明らかとなった。

第 3 章における一連の分析を通じて、情報が効果的に機能するような状況下での行動サンプルの収集の困難さと、駐車場に関する事前知識が選択に及ぼす影響が大きい可能性が高いことが明らかとなった。そのため、繰り返し駐車場選択行動を観測可能な室内実験システムを開発し、得られたデータを用いて情報取得後の駐車場選択行動、および情報取得の経験や駐車場利用経験が選択に及ぼす影響について考察を進めた。以下に第 4 章で得られた主たる知見を示す。

- ① ドライバーは情報提供が行われていない場合には、選択の繰り返しによって各駐車場の混雑の程度を学習し、以後の選択行動に反映する。
- ② 情報提供が行われている場合には、少なからず情報の影響を受けて駐車場を選択している。情報の即時的対応効果として位置づけられる情報取得後の行動変更についてみれば、提供された情報の精度が高い場合や、情報の内容が高度な場合、駐車場選択はより情報の内容に依存するようになり、過去の自身の利用経験等をあまり参考にしなくなる可能性が高い。
- ③ 正確な情報は、ドライバーの駐車場環境の知識向上にも有益である。これは、情報の

時間遅れ効果のひとつと位置づけられる。信頼できる情報を提供することによってドライバーは地域内の駐車場の特性をより正確に認識することができ、結果として駐車環境の改善につながる可能性が高い。

- ④ 情報が実際に被る入庫待ち時間と乖離することによって、ドライバーは情報を信頼せず、自身の利用経験に基づいて駐車場選択を行うようになる。よって、提供する情報の質には十分注意を払う必要がある。ただし、情報の内容が高度化すれば、多少情報の精度が劣っていてもドライバーには十分有益な情報である可能性もあり、情報提供内容を高度化することは、よりよい駐車環境の構築に寄与することが期待される。

第3章および第4章においては、駐車情報提供下の駐車場選択行動について、様々な視点より分析を試みた。それに対して、第5章においては、PRシステムの導入可能性およびシステム導入下のドライバーの対応行動について検討を加えたものである。PRシステムについては研究蓄積が非常に少ないため、ここでは駐車場予約システムの導入を検討するにあたって明らかにすべき、駐車場利用者の予約駐車場の予約意向分析、および予約駐車場と一般駐車場が存在する場合の駐車場選択行動のモデル化を試みた。以下に得られた知見をまとめる。

- ① 第1回および第2回窓口調査で質問した予約駐車場に関する評価についての集計結果より、「料金次第で利用する」と回答したサンプルが40%程度存在し、利用条件を適切に設定することによって予約駐車場が実現可能であることが明らかとなった。また、およそ2割程度の割増率であるなら、全駐車場利用者の30%程度の利用が見込まれる。
- ② 予約意向モデル推定結果より、特に到着時刻に制約がある場合、周辺の予約制でない駐車場が混雑している場合、トリップ目的が業務であるような場合には、特に予約駐車場の利用が期待され、そのようなトリップ条件の交通が比較的多い都市で駐車場混雑が激しい地域および時間帯においては駐車場予約システムが有効に機能する可能性が高い。

第6章においては、PGIシステム、PRシステム導入下の交通行動分析を踏まえ、得られた駐車場選択モデルをサブモデルとして内包した交通流シミュレーションモデルの構築を試み、計算結果よりPGIシステム、PRシステム導入効果について分析を行うとともに、導入における基本設計方針を提示した。以下に得られた知見を示す。

- ① 情報提供によっては、日単位でみた平均所要時間が減少するわけではない。すなわち、情報提供による、都市内道路状況の改善効果はそれほど大きくない。しかしながら、情報利用率が効果的に機能していないような場合においては、かえって都市内道路状況が悪化する可能性がある。
- ② 情報利用率があまり高くなければ、情報提供によって駐車需要の時間的な分散が期待され、都市内の駐車場利用状況の平滑化、道路交通状況の改善が期待される。情報提供が効果的に機能するのは少なくともひとつの駐車場に空きがあるケースであり、そのような時間帯に特定すれば、駐車場利用者は最大10%程度の所要時間短縮が可能で

ある。加えて、所要時間の標準偏差も減少しており、情報提供によって時間通りに目的地に到着することが可能な確率が上昇する。

- ③ 情報利用率が高くなれば、情報提供効果が逡減するのみならず、情報提供を実施していない場合よりも交通状況が悪化する可能性がある。情報を参照して駐車場選択を行うドライバーの増加により、情報提供において空いているとされる駐車場に需要が集中してしまうためであると考えられる。そのため、情報利用率が情報提供効果を決定づける大きな要因である。
- ④ 情報提供の内容が高度化されることによって、駐車場利用者の所要時間短縮効果が高まるとともに、情報利用率が増加しても全体の所要時間の増加が小さく抑えられる。
- ⑤ 駐車需要が駐車場容量を超えるような状況下においては、もはや情報提供を実施したとしても交通状況の改善は期待できない。このような状況下では、時間的に駐車需要を分散する必要性がある。
- ⑥ PR システムの導入効果は予約駐車場の位置に大きく左右される。都心部の駐車場利用が集中する駐車場を予約駐車場に設定することによって、道路交通状況を改善することが可能である。一方、郊外部のあまり利用の多くない駐車場を予約制に設定した場合においては、かえって道路交通状況が悪化する可能性もある。いいかえれば、予約駐車場の位置を戦略的に設定することによって、都市内道路交通状況を誘導することが可能である。特に、都心部の駐車場全ての予約制にすることによって、都心部への交通の流入を抑制できる。
- ⑦ PR システム導入時において、予約参照率が増加すればその分駐車需要の時間的平滑が期待される。また、予約駐車場が全体の駐車場に対して少ない場合でも効果が期待される。そのため、まずは都心部の混雑している駐車場から順次予約制を導入していき、予約駐車場に関する認知を高めつつ PR システムを導入していくことが望ましい。
- ⑧ 予約駐車場利用者については、入庫待ち時間およびうろつき時間がゼロになることが保証されるため、目的地までの所要時間はたとえ駐車需要が都市内駐車容量を大幅に超える状況であっても安定する。すなわち、到着時刻制約があるドライバーにとって、予約駐車場を利用することは定時性の確保に大きな効果を与えるものである。
- ⑨ 予約駐車場が少なく、一般駐車場において選択性が確保されるような状況においては、まず PR システムによって総駐車需要の時間的平滑化が実現され、さらに PGI システムによって、時間帯ごとの駐車需要の空間的平滑化が実現される。そのため、PGI システムと PR システムを同時に導入することによって、より大きな効果が見込まれる。
- ⑩ PGI システム、PR システムを同時に導入することは、特に駐車需要が総駐車容量を大幅に超えているような状況において特に効果的である。

## 7.2 今後の課題と展望

最後に、本研究で残された課題を整理する。

### ① 他の交通行動との関連性

本研究においては駐車場選択行動を中心に議論を進めており、その他の交通行動については考慮していない。しかしながら、特にPRシステムについては自動車トリップの特性である所要時間の不確実性が大幅に削減されるため、鉄道などの軌道系交通機関との競合も十分に考えられる。そのため、交通機関選択についても考慮した行動のモデル化が必要である。さらに、都市交通問題の緩和による都心部の活性化など、PGIシステム、PRシステムの波及効果について、さらなる分析が求められている。都市駐車問題の中でも重大な問題である違法路上駐車についても、研究対象として考える必要がある。

### ② 情報提供戦略、予約制導入戦略の検証

本研究においては、情報提供戦略や予約制導入戦略を評価可能とするために、駐車場選択行動のモデル化を行い、さらにドライバーの意思決定を集約し、マクロ的指標を計算可能な交通流シミュレーションモデル構築を試みた。しかしながら、情報提供戦略を検討する上で重要な情報に対する信頼度の更新過程は、現在構築したシミュレーションモデルに組み込むことができておらず、本研究では情報利用率に関する分析にとどまっている。本研究で得られた情報信頼度に関する分析結果をシミュレーションに組み込んだ上で、様々な情報提供戦略について評価を試みる必要がある。

予約制導入下の行動分析についても、ドライバーのトリップ取りやめ行動や目的地変更行動など、本研究では対象外としている行動も多い。これらの行動分析を実施するとともに、交通流シミュレーションモデルに反映していきたい。

### ③ 現実な状況へ対応するための交通シミュレーションモデル改良

本研究で構築した交通流シミュレーションは、車両一台一台の属性、ドライバーの属性などを柔軟に設定可能であるが、多車線道路に対応していない、信号制御の最適化アルゴリズム等を含んでいない等の課題が残されており、そのまま現実の都市に関する高度駐車管理システム導入効果検証に利用するためには課題が残る。そのため、交通シミュレーションモデルをより精緻化し、評価ツールとしての実用性を高めていく必要がある。

### ④ 他の観測手法によるデータ収集の可能性の検討

本研究では、アンケート調査と室内実験手法をデータ収集方法として採用した。また、アンケート調査は断面調査にならざるを得ないこと、複雑な状況を記述してもらうことに無理があること、などが課題として明らかとなっており、そのため交通行動の経時的变化については屋内実験手法を適用した。しかしながら、移動体通信やプローブカーデータ収集など継続的に交通行動を観測可能なツールが整理されつつある。プローブカーデータのみでは提供された情報など周辺環境情報を収集することが難しいが、それら周辺データの

収集と併せて分析を進めることによって、交通行動の経時的変容について実データを用いて検証することが可能であろう。このような、新たな収集手法を用いた交通行動分析の可能性について、検討を進める必要があるといえる。

## 謝 辞

本論文を結ぶにあたり、本研究を遂行する上でご指導ならびにご援助を頂いた全ての方々に深く感謝の意を表します。

京都大学大学院工学研究科飯田恭敬教授には、筆者が大学院修士課程に研究室に配属され、駐車情報提供の効果分析を開始して以来、終始暖かくご指導ご鞭撻を頂いた。本研究の構想段階より、その幅広い見識に基づいた適切なご助言をいただいたことに、深甚なる謝意を申し上げます。

立命館大学理工学部塚口博司教授には、茨木市における調査分析を中心に、駐車に関する調査分析の重要性とその難しさ、アンケート調査の設計方法をはじめ、様々なご助言を頂いた。心よりお礼申し上げます。

京都大学大学院工学研究科北村隆一教授には、茨木市における調査分析においてパネル調査手法を採用した際に、先生ご自身のご経験に基づく有用なご助言を多数頂いた。ここに感謝の意を表します。

京都大学大学院工学研究科谷口栄一教授、同宇野伸宏助教授には、筆者が大学院修士課程より飯田研究室に配属されて以来、研究の推進方法から結果の分析方法まで、多岐・細部にわたり、様々なご助言を頂いた。心より感謝いたします。

京都大学村本嘉雄名誉教授（現大阪工業技術専門学校・学校長）、岡山大学工学部大久保賢治助教授には、筆者が4回生において配属された京都大学防災研究所河川災害部門において、研究遂行についてのイロハをご教授して頂くとともに、大学院より交通分野に関する研究を目指したいというわがまを申し上げた筆者を快く送り出して頂いた。ここに記して深謝します。

京都大学工学部交通土木工学教室交通施設計画研究室（現 工学研究科土木工学専攻土木計画学講座都市施設計画分野）の諸先輩・諸兄には、多くの貴重なご意見やご協力をいただいた。特に、アンケート調査実施、データ収集・整理、統計計算、実験システム構築、シミュレーションモデル構築にあたっては、松井恵太氏（横浜市）、濱田吉貞氏（ジェイアール西日本コンサルタンツ）、加藤誠氏（KCS）、吉矢康人氏（大阪市）、田宮佳代子氏（国土交通省）、長田仁氏（国土交通省）、梶房宣昭氏（日本道路公団）、黒木利一氏（大阪市）の多大なるご協力を得た。感謝の意を表したい。

最後に、アンケート調査の実施にあたって、研究的興味のための質問項目の設定や、多数回にわたる調査実施にもかかわらず、快くご協力頂いた大阪府茨木市役所の関係者の方々、多数回のアンケート調査にもかかわらずご協力頂いた被験者の方々、屋内実験にご協力頂いた多数の方々に感謝したい。ここに記しきれない多くの方々のご支援を得てはじめて本研究の遂行が可能であったことを銘記し、深く感謝申し上げます。